

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования  
Санкт-Петербургский государственный университет  
Институт Наук о Земле  
Кафедра геоэкологии и природопользования

**Шарова Алина Игоревна**

**Выпускная квалификационная работа**

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА  
ПОКАЗАТЕЛИ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ**

Основная образовательная программа магистратуры  
Геоэкологический мониторинг и рациональное природопользование  
Профиль - Природопользование

Научный руководитель:

д.б.н., профессор

Мовчан Владислав Николаевич

Рецензент:

заместитель директора по экологии

ГГУП «Специализированная фирма «Минерал»

Кольцов Александр Алексеевич

Санкт-Петербург

2019

## Содержание

Введение .....	3
Глава 1. Физико-географическая характеристика объектов исследования.....	5
Глава 2. Материал и методы исследования.....	8
Глава 3. Результаты исследований .....	13
3.1. Общая характеристика качества атмосферного воздуха в городах Российской Федерации .....	13
3.2. Техногенная нагрузка и состояние атмосферного воздуха исследованных территорий ..	19
3.3. Заболеваемость населения исследуемых регионов .....	29
3.4. Оценка неканцерогенного риска для здоровья населения при загрязнении атмосферного воздуха исследуемых территорий.....	39
3.5. Оценка канцерогенного риска для здоровья населения при загрязнении атмосферного воздуха исследуемых территорий.....	52
3.6 Оценка элементного статуса населения исследованных территорий.....	62
Заключение .....	72
Список использованных источников.....	76
Приложение 1 .....	82
Приложение 2 .....	84
Приложение 3 .....	86
Приложение 4 .....	88

## Введение

В 2012 г. президентом Российской Федерации Дмитрием Анатольевичем Медведевым были утверждены Основы государственной политики в области экологического развития России на период до 2030 года, где была подчеркнута необходимость создания научной, структурно-целостной и комплексной основы охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности населения [1]. Для достижения поставленных целей необходимы совершенствование и корректировка действующих экологических нормативов и показателей допустимого техногенного воздействия, процедур и методологии оценки воздействия на окружающую среду и здоровье населения.

Приоритетными задачами совершенствования нормативно-правового обеспечения охраны окружающей среды и экологической безопасности являются создание и аргументирование новых критериев экологической оценки состояния природно-территориальных комплексов, адекватно показывающих экологическую ситуацию на конкретной территории и роль техногенеза в формировании уровня состояния здоровья местного населения. Урбанизированные территории Российской Федерации существенно различаются не только по уровню и видам антропогенного воздействия на окружающую среду, но и по природным факторам, которые могут оказывать влияния на здоровье населения.

**Цель проведенных исследований** — на основе собственных и литературных данных рассмотреть влияние природных и техногенных факторов на используемые в современных экологических исследованиях показатели здоровья населения.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Собрать и проанализировать литературные данные по загрязнению атмосферного воздуха исследуемых территорий, выявить приоритетные загрязняющие вещества, вносящие наибольший вклад в уровень загрязнения атмосферного воздуха.
2. Проанализировать уровни и структуру заболеваемости населения.
3. На основе расчетных методов определить канцерогенные и неканцерогенные риски здоровью населения от загрязнения атмосферного воздуха.
4. Рассмотреть и систематизировать литературные данные по элементному статусу населения исследуемых территорий.

**Объект исследования:** разные по физико-географическим характеристикам и техногенной нагрузке регионы: территории экстремальные по природным условиям - Мурманская область и север Красноярского края, а также территории с относительно благоприятным для населения климатом – Белгородская и Воронежская области, центральная часть и юг Красноярского края.

В Мурманской области рассмотрены города Мончегорск, Заполярный, Мурманск, Кандалакша и п.г.т. Никель. На севере Красноярского края - города Норильск и Лесосибирск, центральная часть Красноярского края – города Красноярск и Ачинск, на юге Красноярского края - город Минусинск. В Белгородской области рассмотрены города Белгород, Губкин и Старый Оскол. В Воронежской области рассматривался городской округ города Воронежа.

**Предмет исследования:** влияние природных и техногенных факторов на показатели здоровья населения разных по физико-географическим особенностям и аэротехногенной нагрузке территорий.

## **Глава 1. Физико-географическая характеристика объектов исследования**

### ***Характеристика Красноярского края***

Красноярский край — субъект Российской Федерации, расположенный в Сибирском федеральном округе. 90,6% его территории относится к районам Крайнего Севера и приравненным к ним местностям, т.е. к регионам с неблагоприятным для проживания климатом. Краевым центром является г. Красноярск. Это крупный промышленный, административно-территориальный и культурный центр Восточно-Сибирского экономического района, железнодорожный узел [2].

Климат Красноярского края резко континентальный, для него характерны сильные колебания температур воздуха в течение года. Однако, в связи с большой протяжённостью территории края в меридиональном направлении, его климатические условия являются достаточно неоднородными. Для северных и центральных районов края характерна континентальность с продолжительной зимой и коротким летом. Так же благодаря влиянию Северного Ледовитого океана, на протяжении всего года здесь господствует арктический воздух. Минимальная температура воздуха составляет  $-69^{\circ}\text{C}$ . В средней части края климат становится умеренно-континентальным, а в южной - резко континентальным.

Протяжённость территории края определила разнообразие ландшафтов: на севере — полярная тундра, в средней части — обширные лесные массивы, в южной — равнины, переходящие в горную местность [3-6].

Существующие в крае климатические условия являются очень неблагоприятными для рассеивания в атмосферном воздухе примесей, в большинстве городов края установлена зона высокого ПЗА. Частые застои воздуха приводят к накоплению примесей в атмосфере и формированию высоких уровней загрязнения воздуха [7-11].

### ***Характеристика Мурманской области***

Мурманская область является субъектом Российской Федерации и входит в состав Северо-Западного федерального округа. Вся территория области относится к районам Крайнего Севера и приравненным к ним местностям. Почти вся территория расположена за Северным полярным кругом [12].

Мурманская область, относится к Атлантико-Арктической зоне умеренного климата, отличающейся от погодных условий других заполярных районов России. Наиболее типичная его черта – резкие изменения и большая неустойчивость погоды, связанная с частой сменой воздушных масс.

Влияние окружающих морей сильно сказывается как зимой, так и летом. Зимой моря действуют отепляюще (особенно незамерзающее Баренцево море), летом – охлаждающе. При этом нельзя сказать, что климат является комфортным для населения. При сильных ветрах и большой влажности даже сравнительно небольшие морозы переносятся тяжело. Зима, самый продолжительный сезон, длится более шести месяцев, приблизительно с октября по апрель.

На территории Мурманской области субширотно сменяют друг друга южная тундра, лесотундра и северная тайга. Равнинные тундры занимают около 20% территории области, протягиваются с северо-запада на юго-восток. Рельеф области представлен горами, террасами и плато, равнины заняты болотами и озерами [13-17].

Климатические метеорологические условия благоприятны для рассеивания загрязняющих атмосферный воздух примесей, поэтому значительные выбросы от промышленных предприятий городов Заполярного, Мончегорска и Никеля, находящихся в зоне низкого ПЗА, выносятся за пределы области [7-11].

#### ***Характеристика Воронежской области***

Воронежская область — субъект Российской Федерации, входящий в состав Центрального федерального округа. Административный центр области — город Воронеж.

Воронежская область расположена в зоне умеренно-континентального климата. Климатические условия заметно изменяются в направлении с северо-запада на юго-восток. Это изменение идет в сторону увеличения континентальности, что связано с большей удаленностью юго-восточной части области от Атлантического океана.

Воронежская область находится в центральной части Восточноевропейской равнины. Рельеф области образован Среднерусской возвышенностью, представляющую собой волнистую равнину, густо расчлененную речными долинами, балками и оврагами [18-22].

Климатогеографические условия сравнительно благоприятны для проживания населения и для рассеивания выбросов, поступающих от промышленных предприятий. Для городов области характерен умеренный потенциал загрязнения атмосферы [7-11].

#### ***Характеристика Белгородской области***

Белгородская область входит в состав Центрального федерального округа Российской Федерации. Она располагается в пределах юго-западного склона Среднерусской возвышенности, являющейся частью Восточно-Европейской (Русской) равнины. Восточная часть области частично располагается в пределах Придонской возвышенной равнины. В целом вся территория области имеет общий уклон поверхности в южном и юго-западном направлениях. Поверхность территории представляет собой несколько приподнятую равнину.

Климат умеренно-континентальный с довольно мягкой зимой со снегопадами и оттепелями и продолжительным летом, его можно охарактеризовать как комфортный для проживающего населения [23-27].

Метеорологические условия рассеивания примесей благоприятные, область находится в зоне умеренного потенциала загрязнения атмосферы [7-11].

В целом изучаемые в данной работе регионы характеризуются существенным разнообразием климатогеографических условий.

С точки зрения влияния природных факторов (климата, метеоусловий) на население, территории следует рассматривать относительно их комфортности для проживания. Для анализа влияния данных факторов на загрязнение атмосферного воздуха рассматривается показатель ПЗА, показывающий сочетание метеорологических условий, предопределяющих рассеивание (или накопление) примесей.

Таким образом, северные территории Красноярского края и Мурманской области характеризуются суровыми климатическими условиями, что определяет неблагоприятные условия для проживания населения. Климат Белгородской и Воронежской областей соответствует комфортным для населения климатическим условиям. Негативное влияние климатогеографических условий на загрязнение атмосферного воздуха прослеживается на территориях Красноярского края, где метеоусловия приводят к накоплению примесей в атмосферном воздухе. Метеоусловия Мурманской области, напротив, способствуют интенсивному рассеиванию выбросов и, вследствие этого, снижению концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Территории Белгородской и Воронежской областей отличаются относительно благоприятными условиями для рассеивания.

## Глава 2. Материал и методы исследования

Загрязнение воздуха исследуемых территорий определяли по значениям средних концентраций примесей. Для определения уровня загрязнения атмосферы использовалась средняя концентрация примеси в воздухе,  $\text{мг/м}^3$  или  $\text{мкг/м}^3$  ( $q_{\text{ср}}$ ). Степень загрязнения оценивали при сравнении фактических концентраций с ПДК. Средние концентрации сравниваются с ПДК среднесуточными ( $\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$ ) и годовыми ( $\text{ПДК}_{\text{год}}$ ). При оценке качества атмосферного воздуха использовали ИЗА — комплексный индекс загрязнения атмосферы, учитывающий несколько примесей. ИЗА рассчитывается по значениям среднегодовых концентраций примесей, поэтому ИЗА характеризует уровень хронического, длительного загрязнения воздуха [28].

В работе использованы данные за пятилетний период (2013 – 2017 года) об объемах выбросов и концентрации, загрязняющих атмосферный воздух веществ, представленных в Государственных докладах и в Ежегодниках «Состояние загрязнения атмосферного воздуха на территории России».

В качестве показателей техногенной нагрузки на окружающую среду взяты результаты расчета эмиссионной нагрузки (объема выбросов). Для расчета использовались данные по веществам, превышающим нормативы ПДК на исследуемых территориях.

С целью исключения влияния на показатели здоровья населения образа жизни, социально-экономических условий, биологических особенностей населения и особенностей медицинского обслуживания проведена оценка риска для здоровья населения при ингаляционном поступлении в организм загрязняющих веществ.

Оценка риска здоровью является одним из элементов методологии анализа риска, включающей в себя оценку риска, управление риском и информирование о риске. В научном отношении оценка риска здоровью - это последовательное, системное рассмотрение всех аспектов воздействия анализируемого фактора на здоровье человека, включая обоснование допустимых уровней воздействия. В научно-практическом приложении основная задача оценки риска состоит в получении и обобщении информации о возможном влиянии факторов среды обитания человека на состояние его здоровья, необходимой и достаточной для гигиенического обоснования наиболее оптимальных управленческих решений по устранению или снижению уровней риска, оптимизации контроля (регулирования и мониторинга) уровней экспозиций и рисков. Оценка риска для здоровья человека - это количественная и/или качественная характеристика вредных эффектов, способных развиться в результате воздействия факторов среды обитания человека на конкретную группу людей при специфических условиях экспозиции [29].



В наших исследованиях оценка рисков производилась на основе Руководства Р2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» («Human health risk assessment from environmental chemicals»). Данный методический документ разработан на основе требований, принципов, методов и критериев оценки риска для здоровья, связанных с воздействием химических веществ, загрязняющих окружающую среду, с учетом отечественных, зарубежных и международных организаций (Программа ООН по защите окружающей среды, Организация по экономическому сотрудничеству и развитию, Всемирная организация здравоохранения, Международная организация труда, Международная программа по химической безопасности, Комиссия Евросоюза).

Концепция ее оценки рассматривается практически во всех странах мира и международных организациях в качестве главного механизма разработки и принятия управленческих решений как на международном, государственном или региональном уровнях, так и на уровне любого потенциального источника загрязнения окружающей среды.

Наиболее доступными источниками информации о вредном действии анализируемых химических соединений являются аналитические обзоры, отчеты, справочники, базы данных, содержащие итоговые заключения высококвалифицированных экспертов об опасных свойствах вещества. Основной задачей этапа идентификации опасности является выбор приоритетных, индикаторных химических веществ, изучение которых позволяет с достаточной надежностью охарактеризовать уровни риска нарушений состояния здоровья населения и источники его возникновения. С целью определения перечня приоритетных для последующих исследований потенциально вредных химических соединений первоначально составлялся список всех химических веществ, способных воздействовать на человека на исследуемой территории [29].

### ***Оценка неканцерогенного риска***

Неканцерогенный риск – вероятность развития вредного для здоровья эффекта в результате поступления химических веществ в организм человека [29].

С целью получения прогнозных показателей здоровья горожан проведена оценка неканцерогенного риска для здоровья населения при ингаляционном поступлении в организм загрязняющих веществ. Метод оценки риска позволяет оценить экологическое состояние окружающей человека среды, а также получить количественные характеристики потенциального ущерба здоровью населения от техногенного загрязнения среды обитания. Одна из отличительных особенностей этого метода – сравнение содержания загрязняющих веществ не с предельно допустимыми концентрациями (ПДК), а с референтными (безопасными) концентрациями.

При расчетах использованы данные о концентрации приоритетных для исследуемых городов загрязняющих веществ, превышающих ПДК среднесуточную.

Для оценки риска воздействия отдельных загрязняющих веществ на здоровье человека коэффициент опасности для здоровья вычисляли по формуле 1 [29]:

$$HQ = \frac{AC}{RfC} \quad (1),$$

где HQ - коэффициент опасности для отдельного компонента (вещества) смеси воздействующих загрязняющих веществ; AC – средняя концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе, мг/м<sup>3</sup>, RfC – референтная концентрация (в мг/м<sup>3</sup>).

Для условий одновременного поступления нескольких веществ одним и тем же путем индекс опасности развития неканцерогенных рисков рассчитывали по формуле 2 [29]:

$$HI = HQ_1 + HQ_2 + \dots + HQ_n \quad (2),$$

где HI – индекс опасности – характеристика риска развития неканцерогенных эффектов при условии одновременного поступления нескольких загрязняющих веществ ингаляционным путем; HQ<sub>n</sub> – индекс опасности для отдельного пути поступления или отдельного маршрута воздействия нескольких загрязняющих веществ.

Угрозу здоровью оценивается по неравенству HQ (HI) > 1. При выполнении условий неравенства признают наличие угрозы для здоровья населения, которая увеличивается с ростом коэффициента (индекса) опасности. Индекс опасности возникновения смертельных случаев (риск смерти) рассчитываются одновременно с коэффициентами опасности для отдельных компонентов (HQ): каждое вещество вызывает риск возникновения определенных заболеваний или риск смерти. В том случае, когда поражение органа или системы происходит несколькими веществами, то индексы опасности развития неканцерогенных рисков суммируются [29].

Для каждого исследуемого региона была проведена оценка неканцерогенного риска по величине рассчитанного индекса опасности (HI) на основе фактических среднегодовых концентраций (AC, мг/м<sup>3</sup>) загрязняющих веществ и оценка индивидуального и популяционного канцерогенных рисков.

### ***Оценка канцерогенного риска***

Канцерогенный риск - вероятность развития злокачественных новообразований на протяжении всей жизни человека, обусловленная воздействием потенциального канцерогена. Канцерогенный риск представляет собой верхнюю доверительную границу дополнительного пожизненного риска. Анализ информации о показателях опасности химических канцерогенов основан на установлении степени доказанности канцерогенности исследуемого вещества для человека; выявлении условий реального проявления канцерогенного эффекта; оценки соответствия этих условий специфическим особенностям выбранного сценария воздействия.

Для химических канцерогенов необходимо установить наличие критериев для последующей оценки риска - факторов канцерогенного потенциала (SF) при ингаляционном (SF<sub>i</sub>) воздействии, а также показатели единичного риска (UR<sub>i</sub>).

На этапе идентификации опасности в качестве потенциальных химических канцерогенов рассматриваются вещества, относящиеся к группам 1, 2А, 2В по классификации МАИР [29].

В качестве исследуемых веществ были выбран 2 вещества с доказанной для человека канцерогенностью (группа 2А согласно классификации МАИР) – формальдегид и бенз(а)пирен, предельно допустимые концентрации которых были превышены на исследуемых территориях. Необходимые для расчётов данные об их концентрациях были взяты из региональных докладов о состоянии и охране окружающей среды за 2013-2017 гг., а также из обзоров состояния окружающей среды по регионам за аналогичный период.

Определение единичного риска (UR<sub>i</sub>) для воздуха производился по формуле 3 [29]. Полученные данные представлены в таблице 1.

$$UR_i = SF_i \times 1/70 \times 20 \quad (3).$$

где SF<sub>i</sub> – факторы канцерогенного потенциала для ингаляционного поступления (мг/(кг·сут.))<sup>-1</sup> (таблица 1). Для взрослых масса тела принимается за 70 кг, суточное потребление воздуха – 20 м<sup>3</sup>/день.

Таблица 1

Сведения о величинах фактора канцерогенного потенциала (SF<sub>i</sub>) и показателях единичного риска (UR<sub>i</sub>) для исследуемых веществ (составлено автором на основании Руководства [29])

Вещество	SF <sub>i</sub>	UR <sub>i</sub>
3,4-бенз(а)пирен	3,9	1,1
Формальдегид	0,046	0,013

Расчёт индивидуального канцерогенного риска производился по формуле 4 [29]:

$$CR = LADC \times U \quad (4)$$

где LADS – средняя концентрация вещества в исследуемом объекте окружающей среды за весь период усреднения экспозиции (воздух, мг/м<sup>3</sup>), UR – единичный риск для воздуха (риск на 1 мг/м<sup>3</sup>).

Определение величин популяционных канцерогенных рисков (PRC), отражающих дополнительное (к фоновому) число случаев злокачественных новообразований, способных возникнуть на протяжении жизни вследствие воздействия исследуемого фактора, проводился по формуле 5 [29]:

$$PRC = CR \times POP \quad (5),$$

где CR – индивидуальный канцерогенный риск; POP – численность исследуемой популяции, чел.

В качестве критериев уровня здоровья населения рассматриваются такие показатели как общая и первичная заболеваемости, продолжительность жизни и смертность. Заболеваемость населения оценивалась в разрезе 3-х возрастных групп: дети 0-14 лет, подростки 15-17 лет и взрослое население от 18 лет и старше. Данные возрастные группы выбираются исходя из того, что на них оказывают влияние разные социально-экономические показатели. Наиболее достоверным является показатель заболеваемости детей, так как на данную возрастную группу не оказывают влияние особенности образа жизни (например, вредные привычки) и вредные условия труда, дети меньше подвержены миграции. Через взрослую группу населения можно рассматривать структуру профессиональных заболеваний.

Общая заболеваемость – совокупность всех имеющихся среди населения заболеваний, как впервые выявленных в данном календарном году, так и зарегистрированных в предыдущие годы, по поводу которых больные вновь обратились в данном году. Первичная заболеваемость – совокупность новых, нигде ранее не учтенных и впервые в данном календарном году выявленных и зарегистрированных среди населения заболеваний, рассчитанных на 100 тыс. населения. Достоверные сведения об уровне и характере заболеваемости по различным группам населения необходимы для оценки тенденций в состоянии здоровья населения [30].

К важным индикаторам здоровья населения, интегрально отражающим социально-экономические и экологические условия жизни людей, санитарно-эпидемиологическую ситуацию относят продолжительность жизни и смертность. Средняя продолжительность жизни — это интегральный показатель, отражающий как присущие людям биологические закономерности старения и смерти, так и влияние социально-экономических, экологических факторов. Смертность — статистический показатель, оценивающий количество смертей [30].

Источниками информации о здоровье населения являются Государственные доклады о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения в исследуемых регионах за период 2013 – 2017 гг.

## Глава 3. Результаты исследований

### 3.1. Общая характеристика качества атмосферного воздуха в городах Российской Федерации

Под качеством атмосферного воздуха понимают совокупность свойств атмосферы, определяющую степень воздействия физических, химических и биологических факторов на людей, растительный и животный мир, а также на материалы, конструкции и окружающую среду в целом. Территория Российской Федерации по уровню санитарно-гигиенической ситуации неоднородна. В связи с этим, население, проживающее в различных регионах России, испытывает отличающееся по интенсивности воздействие разнообразных комплексов негативных факторов. Причины этого кроются в различной степени развития промышленного производства в регионах, наличия ТЭЦ и других источников загрязнения, географическом расположении и «розе ветров». Степень влияния на организм человека загрязняющих веществ зависит от их концентрации в атмосфере и длительности экспозиции [31].

Наблюдения за загрязнением атмосферы городов, проводимые как составная часть государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды, осуществляются территориальными подразделениями Росгидромета и предприятиями, которые оказывают негативное воздействие на атмосферный воздух, при участии органов исполнительной власти субъектов РФ и местного самоуправления. Используются данные Роспотребнадзора, полученные в рамках осуществления социально-гигиенического мониторинга [28].

По состоянию на 2017 год оценка уровней и динамики загрязнения атмосферного воздуха выполняется на основе данных наблюдений на 672 станциях в 244 городах, из них регулярные наблюдения Росгидромета выполняются на 613 станциях в 221 городе на территории 77 субъектов Российской Федерации (рисунок 1) [7].

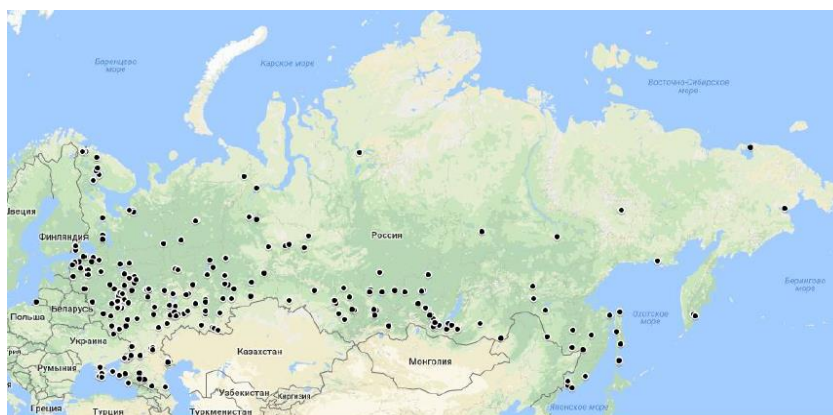


Рисунок 1 - Сеть мониторинга загрязнения атмосферного воздуха (по [7]).

Также для оценки состояния загрязнения атмосферного воздуха необходимо учитывать метеорологические и климатические параметры рассматриваемых территорий, так как газовые

и аэрозольные примеси, выбрасываемые антропогенными источниками, в атмосфере подвергаются существенным изменениям. Примеси уносятся ветром далеко от места появления, вымываются осадками, поглощаются в облаках и туманах, оседают под влиянием нисходящих движений воздуха, трансформируются с образованием вторичных загрязняющих веществ в результате фотохимических реакций, протекающих в атмосфере под воздействием солнечной радиации [32].

В Ежегодниках приводятся приоритетный список городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха, за период исследования 2013-2017 гг. данный список практически не менялся. В данный список включены города, для которых комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) достигает или выше 14. Вызывает опасение, что в данных городах техногенная нагрузка не снижается, а порой только увеличивается, что несет за собой множество негативных последствий как для окружающей среды, так и для здоровья местного населения. По состоянию на 2017 г. В данный список включены и несколько исследуемых в данной работе городов (таблица 2), все города относятся к Красноярскому краю [7-11].

Таблица 2

Включенные в приоритетный список исследуемые города с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха по состоянию на 2017 г (по [7]).

Город	Вещества, определяющие уровни загрязнения атмосферы
Красноярск	<b>БП, Ф, ВВ, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub></b>
Лесосибирск	<b>БП, ВВ, Ф, CO, NO<sub>2</sub></b>
Минусинск	<b>БП, Ф, NO<sub>2</sub>, ВВ, CO</b>
Норильск	<b>NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO, ВВ, CO</b>

Примечание: БП – бенз(а)пирен, ВВ – взвешенные вещества, Ф – формальдегид, CO – оксид углерода, NH<sub>3</sub> – аммиак, NO<sub>2</sub> – диоксид азота, NO – оксид азота. Выделены вещества с наибольшим вкладом в уровень загрязнения атмосферы.

Важно отметить, что уровень загрязнения воздуха городов формальдегидом сохраняется высоким, средние концентрации за пять лет не изменились [7-11]. При этом отмечается увеличение выбросов формальдегида за период 2013–2017 гг. (по данным Ежегодников), особенно заметное после увеличения значений ПДК, введенных Постановлением Главного государственного врача России в 2014 году [7-11,33]. Это обусловлено повышением в 2014 году величины ПДКс.с. формальдегида более чем в 3 раза, по сравнению с прежним значением [33].

В Приоритетных списках за период 2013 – 2017 гг. сохраняют свои позиции большинство городов, в том числе город Норильск, где выбросы диоксида серы достигают значительных объемов. В г. Норильске формирование очень высокого уровня загрязнения воздуха обусловлено значительными выбросами диоксида серы, составляющими около 1,9 млн.

тонн в год. Во всех городах Приоритетного списка, кроме Норильска, очень высокий уровень загрязнения воздуха в основном определяют концентрации бенз(а)пирена [7-11].

Влияние на человека тех или иных химических соединений зависит от их структуры, химических или физических свойств, особенностей механизмов действия, путей поступления в организм и превращения в нем, концентрации (дозы), длительности воздействия. Основной путь поступления химических поллютантов в организм человека – органы дыхания. Огромная поверхность легочных альвеол (площадь которой у взрослого человека равна 80-90 м<sup>2</sup>) обеспечивает интенсивное всасывание и быстрый эффект действия паров и газов, присутствующих в атмосферном воздухе [30].

Рассмотрим особенности загрязнения воздуха различными веществами и их влияние на организм человека.

1. Взвешенные вещества (ВВ). Взвешенные вещества включают неорганическую пыль, золу, сажу, дым, сульфаты, нитраты и другие твердые вещества. Они могут иметь как антропогенное, так и естественное происхождение, например, образовываться в результате почвенной эрозии. В данных о выбросах все эти вещества отнесены к твердым. ВВ образуются в результате сгорания всех видов топлива и при производственных процессах. В зависимости от состава выбросов они могут быть и высокотоксичными и почти безвредными.

Взвешенные частицы при проникновении в органы дыхания человека приводят к нарушению системы дыхания и кровообращения. Вдыхаемые твердые частицы влияют как непосредственно на респираторный тракт, так и на другие органы за счет токсического воздействия входящих в состав частиц различных компонентов. Люди с хроническими нарушениями в легких, с сердечно-сосудистыми заболеваниями, с астмой, частыми простудными заболеваниями, пожилые и дети особенно чувствительны к влиянию мелких взвешенных частиц диаметром менее 10 микрон (PM<sub>10</sub>). Эти частицы составляют обычно 40–70 % от общего числа взвешенных частиц. Особенно опасно сочетание высоких концентраций ВВ и диоксида серы [11].

2. Оксиды азота. Среди загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу с антропогенными выбросами от промышленности, электростанций и транспорта, оксиды азота относятся к наиболее важным. Они образуются в процессе сгорания органического топлива при высоких температурах в виде оксидов азота (NO<sub>x</sub>), которые трансформируются в диоксид азота (NO<sub>2</sub>). Все выбросы обычно оцениваются в пересчете на NO<sub>2</sub>, хотя нельзя точно определить, какая часть выбросов присутствует в атмосфере в виде NO<sub>2</sub> или NO. Оксиды азота играют сложную и определяющую роль в

фотохимических процессах, происходящих в тропосфере и стратосфере под влиянием солнечной радиации [7].

Даже при небольших концентрациях диоксида азота в атмосфере наблюдается нарушение дыхания, кашель. ВОЗ рекомендовано не превышать среднегодовую концентрацию  $40 \text{ мкг/м}^3$ , поскольку выше этого уровня наблюдаются болезненные симптомы у больных астмой и других групп людей с повышенной чувствительностью. При средней за год концентрации равной  $30 \text{ мкг/м}^3$ , увеличивается число детей с учащенным дыханием, кашлем и больных бронхитом [34].

3. Диоксид серы и растворимые сульфаты. Поступают в атмосферу при сгорании топлива, содержащего серу. Главным источником диоксида серы в воздухе городов являются электростанции, котельные и предприятия металлургии [7].

По данным ВОЗ, воздействие диоксида серы в концентрациях выше предельно допустимых может приводить к существенному увеличению различных болезней дыхательных путей, воздействовать на слизистые оболочки, вызывать воспаление носоглотки, бронхиты, кашель, хрипоту и боли в горле. Особенно высокая чувствительность к воздействию диоксида серы на здоровье наблюдается у людей с хроническими нарушениями органов дыхания, в частности, с астмой [34].

4. Оксид углерода (СО). Поступает в атмосферу от промышленных предприятий в результате неполного сгорания топлива. Оксид углерода содержится в выбросах предприятий металлургии и нефтехимии, но главным источником оксида углерода является автомобильный транспорт.

Вдыхаемый в больших количествах оксид углерода поступает в кровь, уменьшает приток кислорода к тканям, повышает количество сахара в крови, ослабляет подачу кислорода к сердцу. У здоровых людей этот эффект проявляется в уменьшении способности выносить физические нагрузки. У людей с хроническими болезнями сердца он может воздействовать на всю жизнедеятельность организма. В случаях нахождения вблизи автомагистрали с интенсивным движением транспорта у людей с больным сердцем могут наблюдаться различные симптомы ухудшения здоровья [7].

5. Бенз(а)пирен (БП). Поступает в атмосферу при сгорании различных видов топлива, в наибольших количествах — с выбросами предприятий цветной и черной металлургии, энергетики и строительной промышленности [7].

ВОЗ указывается, что при среднегодовом значении концентрации выше  $1,0 \text{ нг/м}^3$  могут наблюдаться неблагоприятные последствия для здоровья человека, в том числе, появление злокачественных новообразований [34].



В годовом ходе концентрации бенз(а)пирена обычно возрастают в зимний период при максимальной нагрузке топливно-энергетических комплексов и наибольших выбросах в атмосферу [7].

В России в 2017 году среднегодовая температура воздуха достигла максимума, повторив достижение 2007 года. Сложившиеся погодные условия, сопровождавшиеся мощными приземными инверсиями, застоями воздуха и туманами, приводили к накоплению примесей у поверхности земли, что и явилось результатом очень высокого уровня загрязнения воздуха городов [28].

Как известно, на наблюдательной сети Росгидромета концентрации бенз(а)пирена определяются из суммарной ежемесячной пробы воздуха на содержание концентраций взвешенных веществ, в состав которых входит бенз(а)пирен. Поэтому их изменения в основном происходят синхронно. Совместный анализ тенденции изменения концентраций БП и ВВ за период 2009–2013 гг. показывает схожий характер их изменения: из 170 городов, в которых была оценена тенденция, в 148 городах наблюдался практически однотипный характер изменений концентраций ВВ и БП [7].

6. Формальдегид. Среди вредных веществ, содержащихся в атмосфере городов, важное место занимает формальдегид. В промышленности он образуется в небольшом количестве при неполном сгорании жидкого топлива, при изготовлении искусственных смол, пластических масс, при выделке кож и т.д. В атмосферу формальдегид поступает в небольших количествах от предприятий деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной, химической и нефтехимической промышленности, а также цветной металлургии и др.

Формальдегид оказывает раздражающее действие на организм человека, обладает высокой токсичностью. При концентрациях существенно выше ПДК, формальдегид действует на центральную нервную систему, особенно на органы зрения. При острых отравлениях характерно раздражение слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей, резь в глазах, першение в горле, кашель, боль и чувство давления в груди, удушье [7].

Для большинства городов формальдегид является одним из основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 17 июня 2014 года №37 были увеличены значения максимальной разовой и среднесуточной ПДК формальдегида [33]. Повышаются средние концентрации формальдегида обычно в летнее время. Концентрация этой примеси увеличивается при повышении температуры воздуха, что особенно заметно в солнечные дни [7].

Среднегодовые концентрации формальдегида за пятилетний период изменились незначительно. Однако при сохранении уровня загрязнения формальдегидом, все значения

среднегодовых концентраций оказываются ниже вновь установленного ПДК<sub>с.с.</sub>, хотя количество выбросов формальдегида от стационарных источников за последние 5 лет увеличилось [7]. Для объективной оценки загрязнения атмосферного воздуха в городах необходимо установление наряду с ПДК<sub>с.с.</sub> среднегодового значения ПДК формальдегида.

Изменение норматива ПДК в 2014 г (увеличение допустимой концентрации этого вещества в воздухе) привело к увеличению объемов выбросов в атмосферный воздух [7-11]. Для объективной оценки загрязнения атмосферного воздуха в городах необходимо установление наряду с ПДК<sub>с.с.</sub> среднегодового значения ПДК формальдегида.

Особенно опасен синергический или потенцирующий эффект, наблюдаемый при комбинированном действии поллютантов. Синергический эффект проявляется в том, что влияние нескольких видов агентов не равнозначно их простому накоплению – происходит одновременное поражение нескольких систем организма разными видами лимитирующих факторов, что приводит к более серьезным последствиям в организме [30]. Например, сочетание концентраций взвешенных веществ и диоксида серы.

Различные загрязняющие вещества отличаются индивидуальными особенностями влияния на организм человека, что необходимо учитывать при экологической оценке территории и здоровья населения. Для проведения качественного исследования каждую территорию необходимо оценивать, исходя из степени развития промышленного производства, количества и структуры источников загрязнения, географического расположения, преобладающих направлений ветра.

Таким образом, на основе представленного материала можно сделать краткое заключение, что отрасли промышленности и метеоусловия оказывают влияние на качество атмосферного воздуха, которое в значительной степени сказывается на здоровье населения.

Степень загрязнения атмосферного воздуха определяется разнообразными загрязняющими веществами, их количеством и концентрацией, а также метеоусловиями. При неблагоприятных погодных условиях (сопровождавшиеся мощными приземными инверсиями, застоями воздуха и туманами) происходит снижение способности самоочищения атмосферы, что приводит к накоплению примесей в приземном слое атмосферного воздуха и повышению уровня загрязнения. Концентрации некоторых веществ имеют сезонные закономерности повышения. Например, формальдегид – в летнее время, так как повышается температура атмосферного воздуха, и бенз(а)пирен – напротив, в зимнее время при максимальной нагрузке топливно-энергетических комплексов.

Вследствие возникновения повышенных концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе происходит увеличение негативного влияния их на здоровье населения.

Так же кроме концентрации, важно учитывать и вид загрязняющего вещества, так как каждое из них может обладать рядом специфических особенностей воздействия на организм человека. Наиболее сильному влиянию веществ, содержащихся в воздухе, подвержены органы дыхания человека, так как через них происходит непосредственное попадание данных веществ внутрь организма. При проникновении внутрь загрязняющие вещества приводят к нарушениям различных органов и систем («органы/системы-мишени»). Особенно остро подобное действие испытывают люди уже с имеющимися хроническими нарушениями здоровья.

Наиболее важными загрязняющими атмосферный воздух веществами, с точки зрения влияния на здоровье населения, являются оксиды азота, формальдегид и бенз(а)пирен, особое внимание из них нужно уделить обладающими канцерогенным эффектом формальдегиду и бенз(а)пирену. Даже при небольших концентрациях данных веществ у населения наблюдаются некоторые болезненные симптомы.

### **3.2. Техногенная нагрузка и состояние атмосферного воздуха исследованных территорий**

#### ***Красноярский край***

Красноярский край занимает 1-е место в России по запасам угля, никеля, нефелиновых руд, магнетитов, графита. В крае добываются практически все платиноиды, 75 % кобальта, 80% никеля, 70 % меди, 24 % свинца, 16 % угля от общей добычи России. В регионе — 25 месторождений нефти, запасы которой по промышленным категориям — 618 млн т. Запасы газа — более 1 трлн м<sup>3</sup>, газоконденсата — более 58 млн т. Основные запасы свинца и цинка сосредоточены на Горевском свинцово-цинковом месторождении — одном из крупнейших в мире (42,4 % промышленных запасов свинца, 2,5 % запасов цинка России) [35].

Ведущими отраслями промышленности Красноярского края являются цветная металлургия, электроэнергетика, машиностроение и металлообработка, пищевая и лесная промышленность. Наиболее высокое антропогенное воздействие испытывают промышленные центры края: Красноярск, Норильск, Ачинск, Минусинск, Лесосибирск, Назарово, Канск и прилегающие к ним территории [7-11].

По данным Ежегодников из 21 города, включенного в 2017 году в Приоритетный список городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы, 4 исследуемых города находятся в Сибирском федеральном округе: Красноярск, Лесосибирск, Минусинск, Норильск. Как отмечалось нами ранее, Сибирский федеральный округ расположен в зоне высокого и очень высокого потенциала загрязнения атмосфер. Неблагоприятные метеорологические условия (высокая повторяемость приземных инверсий, застоев воздуха, слабых ветров, туманов и др.) приводят к накоплению примесей в приземном слое воздуха и созданию высоких уровней загрязнения атмосферного воздуха городов [7].

Северная часть Красноярского края в данной работе представлена городами Норильск и Лесосибирск.

Норильский рудный район богат медно-никелевыми рудами. На базе месторождений создан горно-металлургический комплекс ОАО «Норильский горно-металлургический комбинат» — крупнейший в мире производитель никеля и металлов платиновой группы (более 70 % российской меди, 80 % никеля, 75 % кобальта, более 90 % металлов платиновой группы) [35].

В общих выбросах края основную роль играют выбросы Норильского промрайона — 1938,5 тыс. т, что составляет 64,0 % от суммарных выбросов края [7].

Наибольший объем валовых выбросов от стационарных и передвижных источников имеет г. Норильск, объемы выбросов которого несопоставимо велики по сравнению с выбросами других городов [7]. В г. Норильске расположены три предприятия, являющиеся основными источниками загрязнения атмосферного воздуха: ЗФ ОАО ГМК «Норильский никель», ЗАО «Норильско-Таймырская энергетическая компания», ЗАО «Таймырская топливная компания» [35].

Среди выбросов загрязняющих веществ в Норильске, первое место занимает диоксид серы, предприятиями города выбрасывается в воздух более 1,9 млн тонн этого вещества в год. Местное население подвергается значительному воздействию загрязняющих веществ, находящихся в воздухе. Это подтверждается данными наблюдений за химическим составом и кислотностью осадков. Самые загрязненные сульфатами атмосферные осадки в Российской Федерации отмечаются в Норильске. Климатические условия для рассеивания примесей сравнительно благоприятны, зона умеренного ПЗА. Уровень загрязнения воздуха в Норильске очень высокий. Город входит в Приоритетный список городов России с наибольшим уровнем загрязнения воздуха, из-за значительных промышленных выбросов диоксида серы [7].

В г.Лесосибирске основными отраслями промышленности являются переработка древесины и лесохимии, представленные крупными предприятиями Лесосибирским лесопильно-деревообрабатывающим комбинатом №1, Лесосибирским лесоперевалочным комбинатом, Сибирским лесохимическим заводом и Новонисейским лесохимическим комплексом. В г.Лесосибирске наиболее значимые выбросы представлены взвешенными веществами. В 2017 г. уровень загрязнения г. Лесосибирска характеризовался как «очень высокий». Комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) превышал значение 14 [35].

Центральная и южная части края рассматриваются на основе данных по городам Красноярск, Ачинск, Канск и Минусинск. Большие энергетические ресурсы края позволили создать крупный металлургический комплекс: Красноярская ГЭС — Красноярский алюминиевый завод — Ачинский глиноземный комбинат — Красноярский металлургический

завод (КрАМЗ). Предприятия Красноярского края производят около 27 % российского первичного алюминия; Крупные металлургические предприятия: Горевский горно-обогатительный комбинат (свинцовоцинковые руды); Красноярский завод цветных металлов им. Гулидова (золото, платина).

Химическая промышленность края производит: каучуки — Красноярский завод синтетического каучука; автомобильные и авиационные шины — Красноярский шинный завод; этанол — Красноярский биохимзавод, Канский биоэтанол; пенициллин и другие лекарственные препараты — «Красфарма»[35].

Особенности размещения населения и промышленных объектов по территории края являются важными факторами экологического состояния. На территориях с высокой плотностью населения и промышленных объектов создаются зоны экологического неблагополучия, вызванного интенсивным антропогенным воздействием на окружающую среду.

Суммарные выбросы края в 2017 г. (без Норильского промрайона) составили 1091,0 тыс. т, что почти в 2 раза меньше выбросов Норильского промрайона [7].

Уровень загрязнения атмосферы г. Канска характеризуется как «повышенный», в г. Назарово — как «высокий», в Ачинске, Красноярске, Лесосибирске, Минусинске как «очень высокий». Приоритетными загрязняющими веществами в атмосфере городов являются бенз(а)пирен, формальдегид, диоксид азота, фенол, взвешенные вещества, аммиак, оксид азота. В городах преобладающий вклад в величину уровня загрязнения атмосферы вносят высокие среднегодовые концентрации бенз(а)пирена [7].

К числу других городов края с наибольшими объемами валовых выбросов относятся: Красноярск, Минусинск, Ачинск, Канск, Назарово. В этих городах сосредоточены основные предприятия профилирующих видов экономической деятельности края: в Ачинске — металлургия; в Красноярске — металлургия и энергетика; в Канске, Минусинске, Назарово — энергетика; в Лесосибирске — лесопереработка; в Норильске — металлургия [7-11].

Характеристика загрязнения атмосферного воздуха Красноярского края представлена в таблице 3 [7-11].

Таблица 3  
Характеристика загрязнения воздуха Красноярского края (по [8])

Город	Уровень	Вещества, для которых $q_{\text{ср}} > 1 \text{ ПДК}$	Суммарные выбросы вредных веществ в атмосферу, тыс. тонн, 2016 г.			
			твердые	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO
Красноярск	ОВ	БП, Ф	19,0	25,7	23,3	117,6

Ачинск	В	БП, Ф, NO, NO <sub>2</sub>	16,2	5,9	10,8	10,8
Канкс	П	БП	3,3	1,3	1,6	7,9
Лесосибирск	ОВ	ВВ, БП, Ф	2,3	0,8	1,3	10,9
Минусинск	ОВ	БП	0,2	0,1	0,1	1,1
Назарово	В	БП	11,7	21,1	14,9	1,6
Норильск	ОВ	SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub>	6,7	1758,2	9,3	16,2

Среднегодовые концентрации бенз(а)пирена выше ПДК отмечаются во всех городах края, формальдегида — в Красноярске, Ачинске и Лесосибирске. Также отмечается превышение ПДК оксидов азота в Ачинске и взвешенных веществ — в Лесосибирске [7-11].

Согласно данным Ежегодников к 2017 г. возрос уровень загрязнения воздуха бенз(а)пиреном в Красноярске, Минусинске и Лесосибирске. Повысились концентрации оксидов азота в Ачинске. Снизилась концентрации взвешенных веществ и оксида углерода в Назарово, также ароматических углеводородов — в Красноярске. В других городах существенных изменений не произошло [7-11].

Краевым центром является г.Красноярск. Характеристика загрязнения атмосферного воздуха в г.Красноярске представлена в таблице 4 [8].

Таблица 4  
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, тыс.тонн, 2016 г. (по [8])

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, тыс.тонн, 2016 г.					
	Твердые	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	Всего
Автотранспорт	-	0,3	5,5	56,3	69,6
Стационарные источники	19,6	25,4	17,8	61,3	127,3
Суммарные	19,6	25,7	23,3	117,6	196,9

Уровень загрязнения воздуха очень высокий. Средние за год концентрации бенз(а)пирена и формальдегида превышают санитарные нормы [7]. Согласно данным Ежегодников за период 2013-2017 гг. возрос уровень загрязнения бенз(а)пиреном, снизились концентрации ароматических углеводородов, концентрации других загрязняющих веществ значительно не изменились. За 5 лет возросли концентрации формальдегида и бенз(а)пирена. Результаты наблюдений Росгидромета по мониторингу атмосферы свидетельствуют о том, что качество атмосферного воздуха городов сохраняется неудовлетворительным [7-11].

В городах Красноярск, Лесосибирск, Минусинск, Норильск уровень загрязнения воздуха характеризуется как высокий и очень высокий. Они включены в приоритетный список городов с очень высоким уровнем загрязнения. В этих городах основными источниками выбросов являются предприятия черной и цветной металлургии, топливно-энергетического комплекса, горнодобывающей и т.д. Все города Приоритетного списка расположены в Азиатской части России [7].

В исследуемых городах Красноярского края концентрации примесей в атмосферном воздухе выше нормы:

- средняя концентрация какой-либо примеси превысила 1 ПДК в во всех исследуемых городах;
- практически во всех городах воздух загрязнен бенз(а)пиреном, поступающим в атмосферу при сгорании топлива. Средние за год концентрации превышают 1 ПДК в восьми городах;
- сверхнормативному загрязнению воздуха этим веществом подвержено почти 2 млн. чел.

Согласно данным Ежегодников загрязнение воздуха в исследуемых городах за период 2013–2017 гг. показывает увеличение среднегодовых концентраций взвешенных веществ — на 6 %. При этом за тот же период суммарное количество выбросов твердых веществ от стационарных и передвижных источников снизилось на 15 % [7-11].

Произошедшее в 2014 году увеличение значения ПДК формальдегида позволило предприятиям увеличить выбросы на 49 % за последние 5 лет, не превышая нормы воздействия. В дальнейшем такие темпы увеличения объемов выбросов будут способствовать росту загрязнения воздуха формальдегидом. На это указывает зафиксированный рост за 5 лет количества городов, в которых среднегодовые концентрации формальдегида выше ПДК [7-11].

### ***Мурманская область***

Техногенными источниками загрязнения атмосферы на территории Мурманской области являются предприятия по добыче полезных ископаемых и обрабатывающие производства, химическая промышленность, объекты цветной металлургии, предприятия по производству электроэнергии. Крупнейшие предприятия области: «Апатит» (Апатиты, Кировск) — производство апатитового концентрата, «Кандалакшский алюминиевый завод» (Кандалакша) — производство первичного алюминия, «Кольская ГМК» (Мончегорск, Заполярный, Никель) — производство никеля, рафинированной меди, серной кислоты, «Оленегорский ГОК» (Оленегорск) — производство железорудного сырья, Ковдорский горно-обогатительный комбинат — производство апатитового, бадделеитового и железорудного концентратов. Кольская АЭС, Апатитская ТЭЦ, Мурманская ТЭЦ и ГЭС [36].

Климатические условия благоприятны для рассеивания примесей, поэтому значительные выбросы диоксида серы от промышленных предприятий городов Заполярного, Мончегорска и Никеля, находящихся в зоне низкого ПЗА, выносятся за пределы области [7].

Характеристика загрязнения атмосферного воздуха Мурманской области представлена в таблице 5.

Таблица 5

Характеристика загрязнения воздуха Мурманской обл. (по [8])

Город	Уровень	Вещества, для которых $q_{\text{ср}} > 1\text{ПДК}$	Суммарные выбросы вредных веществ в атмосферу, тыс.тонн, 2016 г.			
			твердые	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO
Мурманск	Н	-	0,62	17,1	2,6	0,4
Апатиты	Н	-	5,4	3,0	4,6	0,2
Заполярный	Н	-	3,8*	84,0*	0,9*	1,2*
Кандалакша	Н	-	0,3	3,7	0,4	10,7
Кировск	-	-	5,1	3,0	2,7	1,0
Кола	-	-	0,4	1,8	0,2	0,3
Мончегорск	Н	Ф	3,7	37,3	0,4	0,7
Никель	П	-	3,8*	84,0*	0,9*	1,2*
Оленегорск	Н	-	3,3	0,9	1,4	0,3

Примечание: \* — данные о выбросах вредных веществ представлены по территории Печенгского района с учетом выбросов от промплощадок комбината «Печенгникель» ОАО «Кольская ГМК», расположенных в п. Никель и г.Заполярный.

Уровень загрязнения воздуха в Никеле — повышенный, во всех других городах области — низкий.

Среднегодовая концентрация формальдегида превышает ПДК в Мончегорске. В большинстве городов, где проводились наблюдения за концентрациями формальдегида, отмечается их снижение за период 2013-2017 гг., рост концентраций наблюдается в Мончегорске и Никеле. Последние 3 года в Мончегорске также наблюдаются превышения ПДКс.с. среднегодовых концентраций формальдегида. Почти во всех рассматриваемых городах среднегодовые концентрации взвешенных веществ ниже ПДКс.с. В Воркуте средняя за год концентрация достигает 1 ПДКс.с [7-11].

В Мончегорске среднегодовая концентрация формальдегида выше средней по России и равна 1,1 ПДКс.с. [7]. Учитывая прежнюю ПДКс.с. (0,003 мг/м<sup>3</sup>) формальдегида, почти во всех городах, где проводятся измерения, среднегодовая концентрация превышает санитарно-гигиенический норматив.

В 2017 уровень загрязнения характеризовался повышенным в п.г.т.Никель.



За последние пять лет отмечается тенденция к уменьшению уровня загрязнения в городах комплексом загрязняющих веществ. Вместе с тем, отмечается увеличение уровня загрязнения воздуха формальдегидом в Мончегорске и Никеле.

Под влиянием выбросов промышленности и автотранспорта средние концентрации диоксида серы превышают среднее значение в целом по России в 9 городах, взвешенных веществ — в Воркуте, формальдегида — в Мончегорске [7-11].

Исходя из данных Ежегодников, отмечен рост концентраций диоксида азота в Заполярном, снижение концентраций диоксида серы в Заполярном и Никеле. В других городах концентрации загрязняющих веществ не изменились [7-11]. Снижение категории качества воздуха за последние четыре года в Мончегорске связано с изменением санитарно-гигиенических нормативов (ПДК) формальдегида.

### ***Белгородская область***

Согласно Ежегоднику за 2017 г. [7] среди исследованных городов превышения загрязнения атмосферного воздуха отмечено только в городе Старый Оскол. В нем выявлено превышение ПДК среднегодовой концентрации по формальдегиду. Старый Оскол является одним из крупнейших промышленных центров Центрального Черноземья, развивающихся на базе ресурсов Курской магнитной аномалии. Основные источники загрязнения — Оскольский электрометаллургический завод, в санитарно-защитной зоне которого проживает 7 тыс. человек; Стойленский горно-обогатительный комбинат (ГОК) и цементный завод. Добыча железной руды на ГОК осуществляется открытым способом. Отмечается, что наибольший уровень загрязнения атмосферного воздуха характерен для юго-западного района города, наименьший — для северо-восточного [7].

Характеристика загрязнения атмосферного воздуха в городах Белгородской области представлена в таблице 6.

Таблица 6

Характеристика загрязнения воздуха Белгородской области.(по [8])

Город	Уровень	Вещества, для которых $q_{\text{ср}} > 1 \text{ ПДК}$	Суммарные выбросы вредных веществ в атмосферу, тыс.тонн, 2016 г.			
			твердые	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO
Белгород	Н	-	0,9	0,2	4,3	26,1
Губкин	Н	-	7,2	14,1	2,8	2,6
Старый Оскол	Н	Формальдегид	10,9	3,6	11,2	26,5

Исходя из данных Ежегодников [7-11], возросли концентрации формальдегида в городе Старый Оскол, в других городах концентрации загрязняющих веществ значительно не изменились. Снижение категории качества воздуха в городах Белгород и Старый Оскол за последние четыре года связано с изменением санитарно-гигиенических нормативов (ПДК) формальдегида и фенола.

### ***Воронежская область***

На территории области сосредоточен промышленный потенциал в машиностроении и металлообработке, химической и нефтехимической, легкой промышленности, промышленности строительных материалов и производство сельскохозяйственной продукции.

По данным управления Росприроднадзора по Воронежской области основными предприятиями-загрязнителями атмосферного воздуха на территории Воронежской области являются: ОАО «Павловскгранит», ОАО «Минудобрения», ОАО «Елань-Коленовский сахарный завод», ОАО «Ольховатский сахарный комбинат», Филиал ООО «Бунге СНГ», ОАО «Воронежсинтезкаучук», Филиал «МЭЗ Лискинский» ООО «МЭЗ Юг РУСИ», Филиал «Маслоэкстракционный завод «Аннинский». Среди предприятий области основная масса загрязнителей приходится на ОАО «Минудобрения» г. Россошь, 9 заводов по производству сахара, кирпичные заводы, ОАО «Воронежсинтезкаучук», цементные заводы, ТЭЦ, города областного и районного подчинения, всего более 200 предприятий. Наиболее высокие концентрации в атмосферном воздухе регистрируются по взвешенным веществам, диоксиду азота, бенз(а)пирену, формальдегиду [37].

Автотранспорт является одним из крупнейших загрязнителей окружающей среды и источником парниковых газов. На его долю в Воронежской области приходится 76% валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. По Воронежской области основная доля загрязнений приходится на автомобильный транспорт (более 356,5 тыс. т в год), а выбросы промышленных предприятий за последние 20 лет снизились, что обусловлено остановкой производства на многих предприятиях [7].

Оценка Воронежской области в данной работе произведена исходя из данных по г. Воронежу. Воронеж является областным центром Воронежской области. Это крупный промышленный, административно-территориальный и культурный центр. Основные источники загрязнения атмосферы: предприятия теплоэнергетики, ТЭЦ, химической и нефтехимической отраслей промышленности, строительной индустрии, машиностроения, а также железнодорожный и автомобильный транспорт. Предприятия расположены, в основном, в южной части города. Выбросы автомобилей составляют 88% от антропогенных выбросов (таблица 7) [7].

Таблица 7

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, тыс.тонн, 2016 г., в г.Воронеже (по [8])

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, тыс.тонн, 2016 г.					
	Твердые	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	Всего
Автотранспорт	-	0,4	7,0	69,1	85,6
Стационарные источники	0,7	0,3	3,8	3,2	11,5
Суммарные	0,7	0,7	10,8	72,3	97,1

В соответствии с РД52.04.667-2005 уровень загрязнения атмосферы в городском округе города Воронеж оценивался как высокий – индекс загрязнения атмосферы (ИЗА5) составлял 7,05 [7-11, 32]. За исследуемый пятилетний период (2013-2017 гг.) наблюдается повышение уровня загрязнения по взвешенным веществам, фенолу и формальдегиду, понижение по диоксиду азота. Среднегодовые концентрации взвешенных веществ, диоксида азота и формальдегида превышают ПДК. Характеристика загрязнения атмосферного воздуха г.Воронежа представлены в таблице 8 [7-11].

Таблица 8

Характеристика загрязнения воздуха г.Воронежа (по [8]).

Город	Уровень	Вещества, для которых $q_{cp} > 1 \text{ ПДК}$	Суммарные выбросы вредных веществ в атмосферу, тыс.тонн, 2016 г.			
			твердые	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO
Воронеж	В	ВВ, NO <sub>2</sub> , Ф	0,7	0,2	10,8	72,3

На основе представленных данных можно сделать следующие выводы:

Уровень загрязнения атмосферного воздуха зависит не только от промышленного развития региона, но и от климатических характеристик. При существенной техногенной нагрузке Мурманской области и благоприятных условиях для рассеивания загрязняющих веществ, показатели загрязнения атмосферы остаются низкими на протяжении всего исследуемого периода 2013-2017 гг. В отличие от Красноярского края, где условия рассеивания неблагоприятны, что вызывает застой воздушных масс и увеличение концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Особенности размещения населения и промышленных объектов по территории края являются важными факторами, влияющими на экологическую ситуацию. На территориях с высокой плотностью населения и промышленных объектов создаются зоны экологического неблагополучия, вызванного интенсивным антропогенным воздействием на окружающую среду. Наиболее высокое антропогенное воздействие испытывают промышленные центры

регионов: Красноярск, Норильск, Ачинск, Минусинск, Лесосибирск (Красноярский край), Мончегорск (Мурманская область), Воронеж (Воронежская область), Старый Оскол (Белгородская область) и прилегающие к ним территории.

Для оценки влияния природных факторов (метеоусловий, отраженных в ПЗА) на показатель качества атмосферного воздуха - концентрацию загрязняющих веществ, т.е. анализа роли ПЗА в формировании качества атмосферного воздуха, были составлены рейтинги городов на основе объемов выбросов загрязняющих веществ (техногенная нагрузка) и по концентрации загрязняющих веществ.

На основе данных об объемах валовых выбросов в группу лидеров можно включить города, выбросы которых достигают максимальных значений, свыше 50 тыс. тонн в год: города Норильск (1709,4), Красноярск (185,6), Никель (89,9), Заполярный (89,9), Воронеж (84,0), Старый Оскол (52,2). В группу с объемами выбросов от 20 до 50 тыс. тонн в год входят: Назарово (49,3), Ачинск (43,7), Мончегорск (42,1), Белгород (31,5), Губкин (26,7), Мурманск (20,7). Минимальные значения выбросов, меньше 20 тыс. тонн в год наблюдаются в Лесосибирске (15,3), Кандалакша (15,1), Минусинске (1,5).

Качество атмосферного воздуха ранжировалось на основе критерия оценки состояния загрязнения атмосферного воздуха - ИЗА. К территориям с очень высоким уровнем загрязнения (класс «бедствие»), где значение ИЗА больше 15, относятся города Лесосибирск, Минусинск, Норильск, Красноярск (все города принадлежат Красноярскому краю). В группу со значением ИЗА от 8 до 15 (класс «кризис») входят города Воронеж (Воронежская область), Ачинск и Назарово (Красноярский край). Значения ИЗА от 5 до 8 (класс «риск») имеют города Канск (Красноярский край) и Никель (Мурманская область). К территориям с уровнем загрязнения ниже среднего (класс «норма»), где значение ИЗА меньше 5, относятся города Белгород, Губкин, Старый Оскол (Белгородская область), Мурманск, Заполярный, Кандалакша, Мончегорск (Мурманская область).

На основе составленных рейтингов можно увидеть, что максимальные значения выбросов не всегда соответствует очень высокому уровню загрязнения атмосферы. Например, в городах Мурманской области Никель и Заполярный с валовыми суммарными выбросами, равными 89,9 тыс. тонн в год, наблюдается повышенный уровень загрязнения в городе Никель, что является средним показателем по городам России, и низкий уровень загрязнения в городе Заполярный, что соответствует уровню загрязнения воздуха ниже среднего по городам страны. Аналогичная ситуация с городом Старый Оскол – промышленным центром Белгородской области. И напротив, город Минусинск с самыми минимальным количеством выбросов (в сравнении с другими исследованными городами), где наблюдается очень высокий уровень загрязнения атмосферы (класс «бедствие»), что говорит об уровне значительно выше среднего

по городам России. Город Минусинск располагается в южной части Минусинской впадины - Минусинской котловине, где в условиях антициклональной погоды холодный воздух, стекая в котловину, застаивается. Зимой в котловине Сибири наблюдается «перевернутая температура» — инверсия, то есть повышение температуры с высотой. Та же ситуация наблюдается в городе Лесосибирск Красноярского края.

Данный эффект обусловлен метеоусловиями, которые отражены в критерии ПЗА, упомянутом в предыдущем разделе. Города Мурманской области находятся в зоне низкого ПЗА, соответственно, на данной территории наблюдаются благоприятные условия для рассеивания примесей, поэтому значительные выбросы загрязняющих веществ от промышленных предприятий городов выносятся за пределы области. В городах Красноярского края наблюдается критическая ситуация уровня загрязнения атмосферы: максимальные, среди исследуемых городов, значения валовых выбросов и очень неблагоприятные условия для рассеивания примесей, что соответствует зоне высокого ПЗА. В городах края возникают частые застои воздуха, что приводит к накоплению примесей в атмосфере и формированию высоких уровней загрязнения воздуха.

Таким образом, можно сделать вывод, что критерий ПЗА, отражающий метеоусловия, является одним из наиболее значимых. Метеоусловия территории, а именно способность атмосферы к самоочищению, являются одним из ключевых факторов, который необходимо учитывать при комплексной оценке экологического состояния территории и его влияния на население.

### **3.3. Заболеваемость населения исследуемых регионов**

Здоровье населения является одним из определяющих приоритетов государственной политики, устойчивого экономического и социального развития [38]. На состояние здоровья населения оказывает воздействие комплекс факторов среды обитания. Заболеваемость населения оценивалась в разрезе 3-х возрастных групп: дети 0-14 лет, подростки 15-17 лет и взрослое население от 18 лет и старше.

При анализе взаимосвязей между отдельными факторами среды обитания, их комплексом и показателями, характеризующими здоровье населения области, выделены приоритетные группы факторов и ассоциированные с их негативным воздействием основные показатели здоровья населения. Анализ, проведенный с учетом данных социально-гигиенического мониторинга о состоянии здоровья и окружающей среды, выявил наиболее актуальные проблемы в обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения. К приоритетным группам факторов, оказывающих негативное воздействие на основные показатели здоровья населения, относится ряд санитарно-гигиенических показателей,

характеризующих безопасность среды обитания, социально-экономические показатели, характеризующие качество жизни населения, и природно-климатические факторы, оказывающие влияние на основные показатели здоровья населения.

### *Красноярский край*

Официальные данные по заболеваемости в Государственных докладах о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения представлены в целом для региона, что затрудняет анализ заболеваемости с разделением на северные и южные территории.

В структуре заболеваемости населения Красноярского края на протяжении анализируемого периода первое место по распространенности занимают болезни органов дыхания, на втором месте – травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин, на третьем месте – болезни мочеполовой системы. По отдельным возрастным группам – дети, подростки, взрослые – структура заболеваемости отличается от структуры заболеваемости населения Красноярского края в целом. Первое место по распространенности во всех возрастных группах занимают болезни органов дыхания (60,1 %, 44,3 %, 20,6 % соответственно), второе место – травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин (6,1 %, 14,4 %, 17,4 % соответственно), как и в целом по краю, третье место в детской возрастной группе занимают болезни кожи и подкожной клетчатки (4,8 %), у подростков – болезни глаза и его придаточного аппарата (5,5 %), у взрослого населения – характерные для населения Красноярского края в целом болезни мочеполовой системы (10,7 %) [39-43].

Основной вклад в формирование класса болезней органов дыхания вносят 17 территорий Красноярского края, где уровень заболеваемости всего населения в 1,1 - 1,7 раза достоверно превышает средний краевой показатель, в том числе 3 исследуемых в данной работе города: Ачинск, Назарово, Красноярск (центральная часть Красноярского края) и Норильск – север Красноярского края. Красноярский край, по данным Федерального информационного фонда 2016 г., по отдельным нозологиям класса «болезни органов дыхания» входит в число регионов – территорий «риска»: по заболеваемости астмой и бронхитом детей (0-14 лет), подростков (15-17 лет) и взрослого населения (18 лет и старше) за счет территорий, где уровень заболеваемости достоверно превышал средний показатель по краю [39-43].

Уровень заболеваемости населения Красноярского края по классу болезней органов дыхания, как лидирующего из приоритетных классов болезней, составил в 2016 году 289,8 случаев на 1000 чел. и по сравнению с 2015 годом достоверно вырос на 4,8 %, не превышая при этом средних показателей по Российской Федерации на протяжении последних пяти лет. Среднегодовой темп снижения за период 2012-2016 гг. составил 1,1%.[40, 41]

Структура показателей первичной заболеваемости основными классами болезней взрослого населения Красноярского края представлена на рисунке 3.

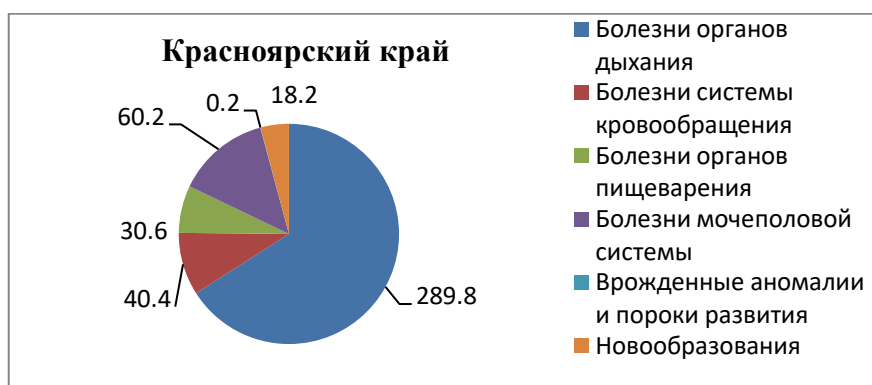


Рисунок 3 – Диаграмма показателей первичной заболеваемости, число случаев на 1000 чел. (составлена автором на основе [43]).

Основной причиной смертности населения Красноярского края в структуре причин смерти были и остаются болезни системы кровообращения (47,3 %), на втором месте — смертность от новообразования (17,1 %), на третьем — смертность от внешних причин (несчастные случаи, травмы, отравления, убийства, самоубийства) — 13,7 % [43].

По данным С. В. Куркатова (2004 г.) доли вкладов сочетанного действия загрязнений атмосферного воздуха и суровых природно-климатических условий в северной части Красноярского края (69° с. ш.) в суммарные уровни впервые выявленной заболеваемости детей достигает 37,3 %, взрослого населения - 30,6 %, в уровни болезней органов дыхания детей - 46,1 %, взрослого населения - 31,2 %. На основе его данных в городах Ачинск и Красноярск Центральной части Красноярского края обнаружена **прямая** зависимость между загрязнением атмосферного воздуха и состоянием здоровья населения. В г. Ачинске — между ИЗА и болезнями органов дыхания, в г. Красноярске — между ИЗА и болезнями эндокринной системы, а также болезнями нервной системы. В г. Лесосибирске, находящемся в северном направлении от центральных районов, описывается зависимость между ИЗА и болезнями четырех классов: нервная система, система кровообращения, кровь и кроветворные органы, органы дыхания. На юге края в г. Минусинске имеет зависимость между ИЗА с болезнями системы кровообращения [44].

На основе проведенного анализа можно сказать, что в Красноярском крае в целом во всех возрастных группах распространены болезни органов дыхания. Основной вклад в формирование класса болезней органов дыхания вносят города Ачинск, Назарово, Красноярск и Норильск. Данные города являются крупными промышленными центрами края, где ежегодно наблюдаются превышения нормативов по основным загрязняющим веществам, что, соответственно, и вызывает превышения средних показателей в несколько раз. На северных

территориях края обнаружены прямые зависимости между уровнями загрязнения атмосферы и болезнями органов дыхания, систем кровообращения, крови и кроветворных органов, нервной системы. На более южных территориях отмены прямые зависимости также по болезням органов дыхания, систем кровообращения и нервной системы.

### ***Мурманская область***

Лидирующие позиции в структуре общей заболеваемости взрослого населения занимают болезни системы кровообращения (16,3%), на втором месте костно-мышечной системы (13,6%), на третьем - болезни органов дыхания (12,4%), на четвертом – мочеполовой системы (11,5%).

Структура первичной заболеваемости за анализируемый период: на первом месте - болезни органов дыхания (29,8%), на втором – травмы и отравления (15%), на третьем – болезни мочеполовой системы (13,7%) [45].

Уровень заболеваемости населения Мурманской области по классу болезней органов дыхания, как лидирующего из приоритетных классов болезней, составил в 2016 году 298 случаев на 1000 чел [46]. Среднегодовой темп снижения за период 2012-2016 гг. составил 3,2% [45-49].

Структура показателей первичной заболеваемости основными классами болезней взрослого населения Красноярского края представлена на рисунке 4.

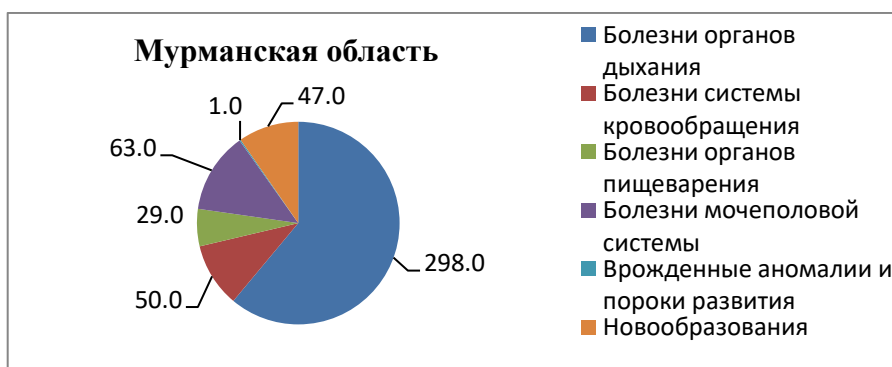


Рисунок 4 – Диаграмма показателей первичной заболеваемости, число случаев на 1000 чел.

(составлено автором на основании [45]).

Наибольшее количество профессиональных заболеваний зарегистрировано в г. Кировске (43,9%), Мончегорском (19,5%) и Печенгском (17,1%) районах, где градообразующими предприятиями являются производства по добыче полезных ископаемых АО «Апатит» (65 случаев, 35,91% от общего числа профзаболеваний), АО «Кольская горно-металлургическая компания» (76 случаев, 41,98%). По отраслям промышленности лидирующие позиции занимают предприятия по добыче полезных ископаемых (добыча металлических руд, добыча прочих полезных ископаемых), что совпадает с данными в целом по Российской Федерации, где данная отрасль занимает первое ранговое место, далее следует металлургическое производство. Наибольшее количество профбольных зарегистрировано на предприятиях АО



«Апатит», ОАО «Кольская ГМК» и их дочерних предприятиях на площадках г. Мончегорска, Кировска и на территории Печенгского района. Прослеживается тенденция увеличения удельного вес профзаболеваний на предприятиях по добыче полезных ископаемых, металлургическом производстве [45-49].

На основе проведенного анализа установлено, что в Мурманской области широко распространены у населения болезни органов дыхания. Также следует отметить, что наибольшее количество профессиональных заболеваний зарегистрировано в Мончегорском районе – крупнейшем промышленном центре региона, где ежегодно наблюдаются превышения нормативов загрязняющих веществ.

Таким образом, можно сказать, что высокие уровни заболеваемости населения, проживающего в районах Крайнего Севера, определяются неудовлетворительными условиями труда, неблагоприятными климатическими факторами высоких широт и загрязнением объектов окружающей среды вредными выбросами предприятий. Природно-климатические условия в данном регионе могут выступать модифицирующим фактором зависимости загрязнения окружающей среды и состояния здоровья населения. Климатоэкологические факторы северных районов сказываются на распространенности и клиническом течении бронхиальной астмы, острых пневмоний, сердечно-сосудистых заболеваний. Число зафиксированных случаев по всем группам болезней в Мурманской области в целом ниже, чем в Красноярском крае.

С учетом эколого-гигиенической ситуации, которая сложилась с загрязнением окружающей среды и состоянием здоровья населения, необходимо принимать во внимание региональные особенности северных районов при разработке профилактических мероприятий.

Для проведения сравнительного анализа также рассмотрим более южные территории - Белгородскую и Воронежскую области.

### ***Белгородская область***

В 2016 году приоритетное первое ранговое место в структуре общей заболеваемости детского и подросткового населения занимают болезни органов дыхания, среди взрослого населения – болезни системы кровообращения. На втором ранговом месте среди детского населения – инфекционные и паразитарные болезни, среди подросткового населения - болезни глаза и его придаточного аппарата, среди взрослого населения – болезни органов дыхания. На третьем ранговом месте – среди детского населения – травмы и отравления, среди подросткового населения – болезни костно-мышечной системы, среди взрослого населения – болезни костно-мышечной системы.

В 2016 году приоритетное первое ранговое место в структуре первичной заболеваемости детского, подросткового и взрослого населения занимают болезни органов дыхания. На втором ранговом месте среди детского населения - инфекционные и паразитарные болезни, среди подросткового населения – травмы и отравления, взрослого населения - травмы и отравления. На третьем ранговом месте – среди детского населения травмы и отравления, среди подросткового населения – болезни мочеполовой системы, взрослого населения - болезни мочеполовой системы.

Уровни первичной заболеваемости болезнями органов дыхания, превышающие средний показатель по Белгородской области в 2016 году, отмечались: среди населения в Белгородском районе, Старооскольском, Губкинском городских округах и некоторых других районах.

Приоритетное первое ранговое место в структуре общей заболеваемости детского и подросткового населения занимают болезни органов дыхания, среди взрослого населения – болезни системы кровообращения.

Уровень заболеваемости населения Белгородской области по классу болезней органов дыхания, как лидирующего из приоритетных классов болезней, составил в 2016 году 207,8 случаев на 1000 чел. Среднегодовой темп прироста за период 2012-2016 гг. составил 9,8% [50].

Структура показателей первичной заболеваемости основными классами болезней взрослого населения Белгородской области представлена на рисунке 5.

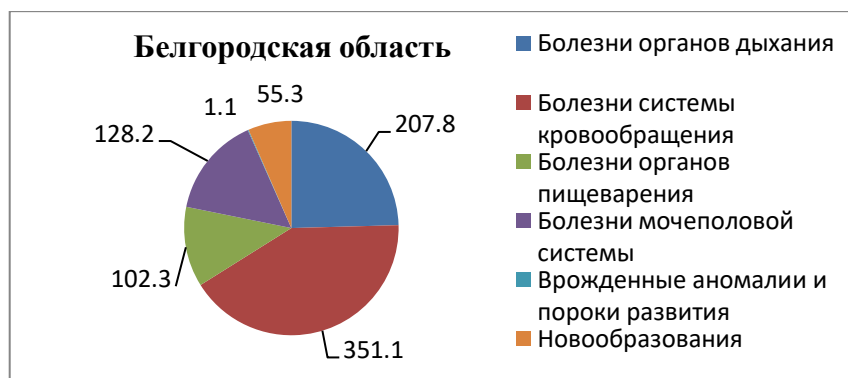


Рисунок 5 – Диаграмма показателей первичной заболеваемости, число случаев на 1000 чел.  
(составлено автором на основании [50]).

В 2016 году показатель первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями среди населения Белгородской области составил 430,3 на 100 тыс. населения. За период с 2012 года по 2016 год в целом по Белгородской области ежегодный средний темп прироста уровня заболеваемости злокачественными новообразованиями составил 2,3% [50].

За период с 2012 по 2016 год в целом по Белгородской области ежегодный средний темп снижения смертности от злокачественных новообразований составил 1,5%. Анализ структуры и ранжирование показателей смертности от злокачественных новообразований (включенными в

федеральный информационный фонд) за 2016 год в зависимости от локализации опухоли свидетельствует о том, что I ранговое место занимают опухоли, локализованные в трахее, бронхах и легком, II ранговое место – опухоли желудка; III ранговое место – лейкозы [50-54].

Установлена, что имеется зависимость между содержанием в атмосферном воздухе формальдегида и уровнями впервые выявленной заболеваемости болезнями органов дыхания. В Белгородской области в исследуемом периоде времени (2012-2016 гг.) наблюдались ежегодные превышения по формальдегиду, который повышает риск развития болезней органов дыхания. В первую очередь, они наблюдались в Старооскольском районе Белгородской области, где по официальным данным уровень первичной заболеваемости болезнями органов дыхания среди детского населения превышает средний показатель в Белгородской области. Также уровни первичной заболеваемости болезнями органов дыхания, превышающие средний показатель наблюдались в Белгородском и Губкинском районах, также являющихся промышленными центрами региона. Так как данная возрастная группа не подвержена таким факторам, как неблагоприятные условия труда, вредные привычки (курение, в частности), можно сделать предположение, что на состояние здоровья населения оказывает влияние загрязнение атмосферного воздуха.

Данный вывод также нашел подтверждения в работах Евдокимова В.И. (2003 г.), который установил, что основными факторами риска для населений железорудных территорий Белгородской области являются уровень загрязнения атмосферного воздуха (Белгородский, Старооскольский, Губкинский районы). Влияние уровня загрязнения атмосферного воздуха на повышение показателей по заболеваемости органов дыхания детского населения также нашло отражение в работе Ревич Б.А. (2007 г.). Старый Оскол является одним из крупнейших промышленных центров Центрального Черноземья, развивающихся на базе ресурсов Курской магнитной аномалии. Основные источники загрязнения — Оскольский электрометаллургический завод, в санитарно-защитной зоне которого проживает 7 тыс. человек; Стойленский горно-обоганительный комбинат (ГОК) и цементный завод. В городе установлена связь между частотой обострения бронхиальной астмы и уровнем загрязнения атмосферного воздуха ( $r = 0,34$ ); заболеваниями органов дыхания у детей. Показатели общей заболеваемости населения (по числу первичных обращений) за 10-летний период были выше среди жителей наиболее загрязненного — юго-западного — района по сравнению с северо-восточным районом города.

Состояние здоровья населения Белгородской области трудно оценить однозначно. С одной стороны, в области самая высокая ожидаемая продолжительность жизни населения в России, за исключением г. Москвы и республик Северного Кавказа. С другой стороны, из-за сложной экологической обстановки в городах с развитой черной металлургией (Старый Оскол,

Губкин) отмечается повышенная заболеваемость болезнями дыхательных путей, системы кровообращения и онкологическими заболеваниями. Стандартные показатели развития здравоохранения также трудно назвать благополучными, обеспеченность врачами значительно ниже среднероссийской.

Подводя итоги, отметим, что уровни общей заболеваемости болезнями органов дыхания, превышающие средний показатель по Белгородской области, отмечались среди детского населения в первую очередь в Белгородском районе, Старооскольском и Губкинском городских округах. Уровни общей заболеваемости болезнями системы кровообращения, превышающие средний показатель по Белгородской области, отмечались среди взрослого населения в городе Белгороде и Губкинском городском округе. Как было сказано в предыдущих разделах, данные районы являются промышленными центрами региона.

Приоритетное первое ранговое место в структуре общей заболеваемости детского и подросткового населения занимают болезни органов дыхания, среди взрослого населения – болезни системы кровообращения.

В целом за исследуемый период (2012-2016 гг.) показатель общей заболеваемости в Белгородской области снизился у детского и взрослого населения. Снижение уровня заболеваемости по ряду классов болезней можно объяснить закрытием производств и снижением производственных мощностей, вследствие чего сократились выбросы загрязняющих веществ, действующих на органы/системы-мишени.

### ***Воронежская область***

Анализ данных за 2012-2016 гг. показывает, в структуре заболеваний с впервые в жизни установленным диагнозом среди детей в возрасте «от 0 до 14 лет» на болезни органов дыхания пришлось 66,1% (первое ранговое место), травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин - 5,4% (второе ранговое место, болезни глаз и его придаточного аппарата 3,9% (третье ранговое место). Среди подростков в возрасте «15-17 лет» на долю болезней органов дыхания приходится 48,0% (первое ранговое место), травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин - 11,3% (второе ранговое место), болезни уха и сосцевидного отростка – 5,5%, болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани – 5,4% (третье и четвертое ранговые места). В структуре заболеваемости взрослых «18 лет и старше» в 2016 году первое ранговое место заняли болезни органов дыхания (30,6%), второе – болезни системы кровообращения (13,5%) третье - травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействий внешних причин - 11,9% [55-59]

Приоритетный класс заболеваний – болезни органов дыхания ассоциируются с загрязнением атмосферного воздуха. Эпидемиологическими исследованиями установлено, что

высокие уровни загрязнения атмосферы вызывают хронических и острых респираторных заболеваний, включая бронхиты хронические, астму.

Уровень заболеваемости населения Воронежской области по классу болезней органов дыхания, как лидирующего из приоритетных классов болезней, составил в 2016 году 129,3 случаев на 1000 чел. Среднегодовой темп прироста за период 2012-2016 гг. составил 2,8% [55].

Структура показателей первичной заболеваемости основными классами болезней взрослого населения Воронежской области представлена на рисунке 6.

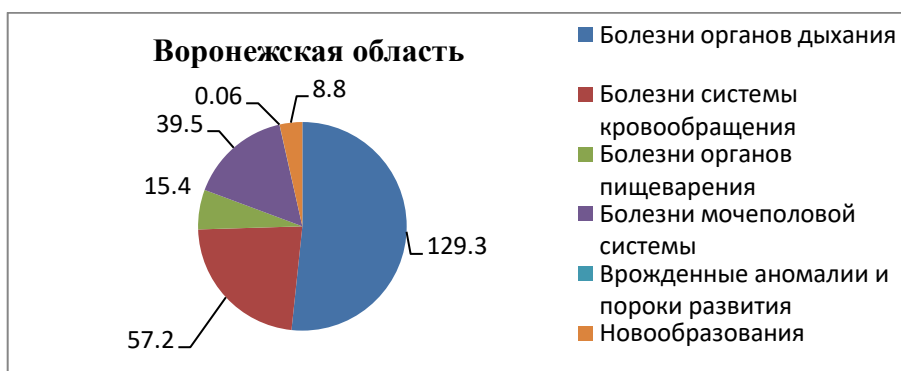


Рисунок 6 – Диаграмма показателей первичной заболеваемости, число случаев на 1000 чел.  
(составлено автором на основании [55]).

В 2016 году продолжилась тенденция снижения уровня заболеваемости детей в возрасте от 0 до 14. За период с 2014 по 2016 годы в целом по Воронежской области темпы снижения составили 3,56%. Среди детей возрастной группы «15-17 лет» уровень заболеваемости по области вырос на 7,09%. Наиболее интенсивные темпы прироста регистрируются по болезням уха и сосцевидного отростка (+120,04%). За анализируемый период зарегистрирован рост показателей заболеваемости взрослого населения (18 лет и старше), в целом, на 6,65%, а также - по 8-ми классам болезней, из которых наиболее высокие темпы прироста регистрируются по болезням эндокринной системы (+142,18%) [55].

Таким образом, для всех возрастных групп населения приоритетными заболеваниями являются болезни органов дыхания, заболеваемость которыми ассоциирована с загрязнением атмосферного воздуха. В регионе наблюдаются ежегодные превышения нормативов по таким загрязняющим веществам, как диоксид азота, взвешенные вещества и формальдегид. Данные поллютанты увеличивают риск развития болезней органов дыхания. Эпидемиологические исследования показали, что при длительном воздействии азота диоксида усугубляются симптомы бронхита у детей, больных астмой. За 5 лет в г. Воронеж уровень заболеваемости астмой, астматическим статусом детей до 14 лет вырос на 86,3% и в 2016 г. составил 2,8 на 1000 населения (2012 г. – 1,5); у взрослых темп прироста составил 104,9% при показателе 2016 года - 0,26 на 1000 населения (2012 г. – 0,13) [59-59].

Состояние здоровья населения Воронежской области сравнительно благоприятное. В области ожидаемая продолжительность жизни близка к средней по стране. Обеспеченность врачами значительно находится также на среднероссийском уровне. Воронежская область имеет также невысокую младенческую смертность (8%). Однако, в крупных городах наблюдаются повышенные значения по уровням болезней органов дыхания, что является следствием повышенного уровня загрязнения окружающей среды из-за сложной экологической обстановки в крупных городах с развитой системой промышленности, а также благодаря влиянию автотранспорта [55].

На основании представленных в разделе по заболеваемости в исследуемых регионах данных можно сделать следующие выводы.

Проведенный в работе анализ имеющихся данных за период с 2012-2016 годы показал, наличие постоянства действия определенных факторов среды обитания, которые являются ответственными за формирование негативных тенденций в состоянии здоровья населения областей.

По данным С. В. Куркатова (2004 г.) доли вкладов сочетанного действия загрязнений атмосферного воздуха и суровых природно-климатических условий в суммарные уровни впервые выявленной заболеваемости детей достигает 37,3 %, взрослого населения - 30,6 %, в уровни болезней органов дыхания детей - 46,1 %, взрослого населения - 31,2 %. Влияние природных факторов на показатели заболеваемости населения проявляются на северных территориях в сравнении с регионами, расположенными южнее. Природно-климатические условия Сибири являются фактором, который усугубляет неблагоприятное влияние окружающей среды на состояние здоровья населения. По проведенному анализу данных можно сказать, что северные территории не отличаются специфическими заболеваниями, однако наблюдается более высокий уровень заболеваемости в сравнении с более южными регионами, наблюдается тенденция к ежегодному приросту числа случаев зафиксированных заболеваний. В отношении здоровья человека целесообразно учитывать механизмы адаптации к экстремальным условиям.

Следствием воздействия техногенных факторов на определенную территорию и на здоровье проживающего на ней населения, является появление неблагоприятной экологической обстановки в данной местности, определяемое размещением объектов промышленности, и интенсивным загрязнением атмосферного воздуха, а так же неблагоприятными условиями труда.

Повышенные показатели по заболеваемости органов дыхания человека наблюдаются в промышленных центрах регионов и крупных городах, что подтверждает влияние загрязнения

атмосферного воздуха (диоксидом серы, оксидами азота, взвешенными веществами и т.д.) на респираторную систему проживающего в них населения.

Одним из приоритетных факторов, негативно влияющим на здоровье людей по-прежнему остается производственная среда. В условиях современных методов хозяйствования она характеризуется усиленным негативным воздействием вредных и опасных факторов на гигиенические показатели и санитарное состояние условий труда, которые в следующую очередь оказывают негативное влияние на организм человека. Поэтому количество профессиональных заболеваний также лидирует в городах и районах с развитой промышленной деятельностью, где зачастую промышленные предприятия являются градообразующими.

### **3.4. Оценка неканцерогенного риска для здоровья населения при загрязнении атмосферного воздуха исследуемых территорий**

#### ***Красноярский Край***

Перечень ведущих предприятий, основных химических загрязнителей атмосферного воздуха населенных пунктов Красноярского края (по данным государственной статистической отчетности 2-ТП (воздух)), в течение последних 5 лет остается неизменным и включает преимущественно предприятия цветной металлургии и теплоэнергетики. Наибольший вклад в валовые выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников вносят выбросы Норильского промышленного района.

Основной вклад в уровень загрязнения внесли такие загрязняющие вещества, как бенз(а)пирен, формальдегид, взвешенные вещества, диоксид азота, диоксид серы.

За весь изучаемый период (2013 – 2017 гг.) превышения среднегодовых концентраций нормативов ПДК по нескольким веществам наблюдались ежегодно в городах северной части Красноярского края – Норильске и Лесосибирске, центральной части – Ачинске и Красноярске, и южной части – в г. Минусинске. В 2013 – 2015 гг. превышения нормативов фиксировались также в городах центральной части края Канск и Назарово [2-11].

Рассмотрим полученные результаты по северным территориям Красноярского края. Для г.Лесосибирска в 2017 г. наиболее приоритетными загрязнителями являются бенз(а)пирен ( $HQ = 1,23 > 1$  средний уровень), формальдегид и взвешенные вещества. В г.Норильске приоритетным загрязнителем является диоксид азота ( $HQ = 1,96 > 1$ ) и диоксид серы ( $HQ = 1,52 > 1$ ), в меньшей степени оксид азота и взвешены вещества.

Ниже представлены результаты расчетов и прогнозов неканцерогенных рисков (для 2017 г.) для северных городов Красноярского Края (таблицы 9-10). Результаты аналогичных расчетов за период 2013-2017 гг. представлены в приложениях 1-4.

Таблица 9

Оценка неканцерогенного риска с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в  $\text{мг/м}^3$  для северных городов Красноярского края. за 2017 г. (составлено автором).

Город	Загрязняющие вещества	Среднегодовая концентрация, $\text{мг/м}^3$	RfC, $\text{мг/м}^3$	HQ	Критический орган/система
Лесосибирск	Взвешенные вещества	0,207	0,3	0,69	органы дыхания, смертность
	Формальдегид	0,012	0,01	1,23	органы дыхания, глаза, иммун. (сенсб.)
Норильск	Взвешенные вещества	0,152	0,3	0,51	органы дыхания, смертность
	Диоксид серы	0,076	0,05	1,52	органы дыхания, смертность
	Диоксид азота	0,078	0,04	1,96	органы дыхания, кровь (образование MetHb)
	Оксид азота	0,061	0,06	1,01	органы дыхания, кровь (образование MetHb)

Таблица 10

Расчет индекса опасности для критических органов/систем при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в  $\text{мг/м}^3$  для городов северной части Красноярского края за 2017 г. (составлено автором).

Критический орган/система	Загрязняющие вещества	HQ	ТНП
Органы дыхания	Формальдегид	1,23	6,9
	Диоксид азота	1,96	
	Оксид азота	1,01	
	Диоксид серы	1,52	
	Взвешенные вещества	1,20	
Кровь (образование MetHb)	Диоксид азота	1,96	3,0
	Оксид азота	1,01	
Органы глаза	Формальдегид	1,23	1,2
Иммунная система	Формальдегид	1,23	1,2
Смертность	Диоксид серы	1,52	2,7
	Взвешенные вещества	1,20	



Полученные в ходе расчетов данные неканцерогенного риска в 2013 – 2017 гг. были усреднены и сведены в таблице 11 и графически представлены на рисунке 7.

Таблица 11

Средние значения показателей неканцерогенного риска для городов Красноярского Края за 2013 - 2017 гг. (составлено автором).

Красноярский Край, 2013 – 2017 гг.	
Год	НИ
2013	4,5
2014	8,3
2015	1,9
2016	6,7
2017	6,9

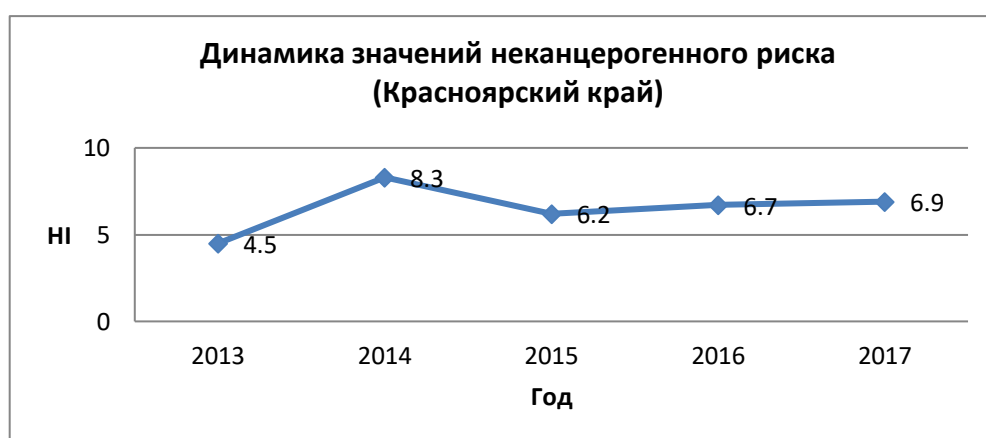


Рисунок 7 - Динамика средних значений показателя неканцерогенного риска в центральной и южной частях Красноярского Края за период 2013 – 2017 гг.

Далее рассмотрим более южные территории Красноярского края. В г.Ачинске приоритетным загрязнителями являются также диоксид азота ( $HQ = 1,46 > 1$ ), формальдегид ( $HQ = 1,34 > 1$ ), оксид азота ( $HQ = 1,26 > 1$ ). В городах Минусинске и Красноярске значительно превышен уровень по бенз(а)пирену ( $HQ = 10,5 > 1$  и  $HQ = 10,0 > 1$  соответственно).

Ниже представлены результаты расчетов и прогнозов неканцерогенных рисков (для 2017 г.) для городов центральной и южной частей Красноярского Края (таблицы 12-13).

Таблица 12

Оценка неканцерогенного риска с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> для городов центральной и южной частей Красноярского края за 2017 г. (составлено автором).

Красноярский край, 2017 гг.					
Город	Загрязняющие вещества	Среднегодовая концентрация, мг/м <sup>3</sup>	RfC, мг/м <sup>3</sup>	HQ	Критический орган/система
Ачинск	Диоксид азота	0,058	0,04	1,46	органы дыхания, кровь (образование MetHb)
	Оксид азота	0,076	0,06	1,26	органы дыхания, кровь (образование MetHb)
	Формальдегид	0,013	0,01	1,34	органы дыхания, глаза, иммун. (сенсиб.)
Красноярск	Бенз(а)пирен	$1,0 \times 10^{-5}$	$1,0 \times 10^{-6}$	10,0	рак, иммун., развитие
	Формальдегид	0,018	0,01	1,81	органы дыхания, глаза, иммун. (сенсиб.)
Минусинск	Бензапирен	$1,05 \times 10^{-5}$	$1,00 \times 10^{-6}$	10,50	рак, иммун., развитие

Таблица 13

Расчет индекса опасности для критических органов/систем при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> для центральной и южной частей Красноярского края за 2017 г. (составлено автором).

Критический орган/система	Загрязняющие вещества	HQ	ТНІ
Органы дыхания	Формальдегид	3,15	5,9
	Диоксид азота	1,46	
	Оксид азота	1,26	
Кровь (образование MetHb)	Диоксид азота	1,46	2,7
	Оксид азота	1,26	
Органы глаза	Формальдегид	3,15	3,2
Иммунная система	Бенз(а)пирен	20,50	23,7
	Формальдегид	3,15	
Пороки развития	Бенз(а)пирен	20,50	20,5

Полученные в ходе расчетов данные неканцерогенного риска в 2013 – 2017 гг. были усреднены и сведены в таблице 14 и графически представлены на рисунке 8.

Таблица 14

Средние значения показателей неканцерогенного риска для городов Красноярского Края за 2013 - 2017 гг. (составлено автором).

Красноярский Край, 2013 – 2017 гг.	
Год	НИ
2013	18,2
2014	25,4
2015	19,7
2016	15,0
2017	26,4

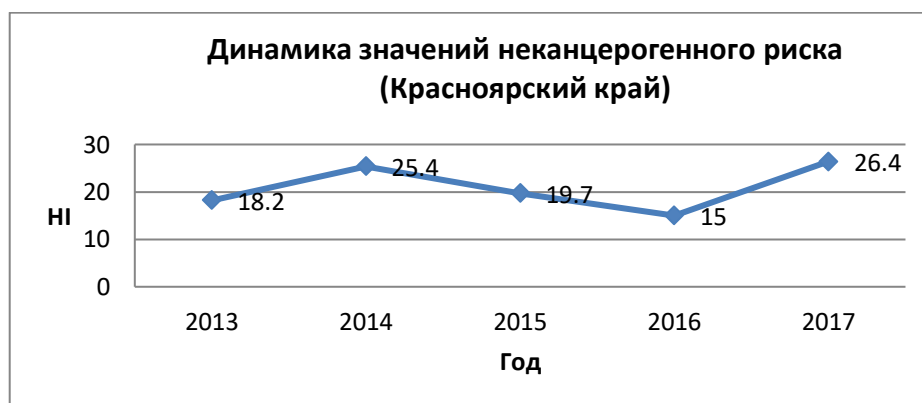


Рисунок 8 - Динамика средних значений показателя неканцерогенного риска в центральной и южной частях Красноярского Края за период 2013 – 2017 гг.

В соответствии с проведенным анализом, Красноярский Край по загрязнению атмосферного воздуха селитебных территорий населенных мест является территорией риска по заболеваемости населения болезням органов дыхания, связанной с загрязнением атмосферного воздуха (факторы риска – взвешенные вещества, оксид азота, диоксид азота, диоксид серы формальдегид).

Значения показателей неканцерогенного риска на южных территориях превышают значения аналогичного показателя на северных. Это связано с повышенными в сравнении с северными урбанизированными территориями значениями превышений среднегодовых концентраций нормативов ПДК.

Проведенный анализ показал, что перечень приоритетных загрязнителей атмосферного воздуха, формирующих негативные тенденции в состоянии здоровья населения области, остается без существенных изменений на протяжении анализируемого периода времени.

Динамика значений неканцерогенного риска в исследуемом регионе показывает тенденцию в сторону повышения риска на протяжении анализируемого периода времени.

#### ***Мурманская область***

Основной вклад в уровень загрязнения внесли такие загрязняющие вещества, как формальдегид, бенз(а)пирен диоксид серы.

За весь изучаемый период (2013 – 2017 гг.) превышения ПДК по одному или нескольким веществам наблюдались ежегодно в городах Мончегорск, за исключением 2017г - в г.Заполярный, в п.г.т. Никель кроме 2015 и 2017 гг. В 2013 г. превышения нормативов фиксировались помимо этих трех городов также в г.Мурманске по формальдегиду [7-11, 13-17].

Для г.Мончегорска наиболее приоритетным загрязнителем является формальдегид ( $HQ = 3,03 > 1$  средний уровень – 2013 г.).

В городе Заполярный и п.г.т.Никель приоритетным загрязнителем является диоксид серы по ( $HQ = 1,96 > 1$  и  $HQ = 1,58 > 1$  соответственно).

Ниже представлены результаты расчетов и прогнозов неканцерогенных рисков для городов Мурманской области (таблица 15).

Таблица 15

Оценка неканцерогенного риска с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в  $мг/м^3$  для городов Мурманской обл. за 2013 - 2017 гг. (составлено автором).

Мурманская область, 2013 – 2017 гг.						
Год	Город	Загрязняющие вещества	Среднегодовая концентрация, $мг/м^3$	RfC, $мг/м^3$	HQ	Критический орган/система
2017	Мончегорск	Формальдегид	0,011	0,01	1,1	органы дыхания, глаза, иммун. (сенсиб.)
2016	Заполярный	Диоксид серы	0,062	0,05	1,24	органы дыхания, смертность
	Никель		0,061		1,22	
	Мончегорск	Формальдегид	0,016	0,01	1,6	органы дыхания, глаза, иммун. (сенсиб.)
2015	Заполярный	Диоксид серы	0,076	0,05	1,03	органы дыхания, смертность
	Мончегорск	Формальдегид	0,0165	0,01	1,65	органы дыхания, глаза, иммун. (сенсиб.)
2014	Заполярный	Диоксид серы	0,08	0,05	1,6	органы дыхания, смертность
	Никель		0,075		1,5	
	Мончегорск	Бензапирен	$1,1 \times 10^{-6}$	$1,0 \times 10^{-6}$	1,1	рак, иммун., развитие
2013	Заполярный	Диоксид серы	0,098	0,05	1,96	органы дыхания, смертность
	Никель		0,079		1,58	
	Мончегорск	Формальдегид	0,0091	0,003	3,03	органы дыхания, глаза, иммун. (сенсиб.)
	Мурманск		0,0036		1,2	

В качестве примера прогнозов неканцерогенных рисков для Мурманской области, полученные по результатам за 2013 г. (таблицы 16).

Таблица 16

Расчет индекса опасности для критических органов/систем при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> Мурманской области за 2013 г. (составлено автором).

Критический орган/система	Загрязняющие вещества	HQ	THI
Органы дыхания	Формальдегид	4,23	7,77
	Диоксид азота	3,54	
Органы глаза	Формальдегид	4,23	4,23
Иммунная система	Формальдегид	4,23	4,23
Смертность	Диоксид серы	3,54	3,54

Полученные в ходе расчетов данные неканцерогенного риска в 2013 – 2017 гг. сведены в таблице 17 и графически представлены на рисунке 9.

Таблица 17

Средние значения показателей неканцерогенного риска для городов Мурманской обл. за 2013 - 2017 гг. (составлено автором).

Мурманская область, 2013 – 2017 гг.	
Год	HI
2013	7,7
2014	4,2
2015	3,2
2016	4,1
2017	1,1

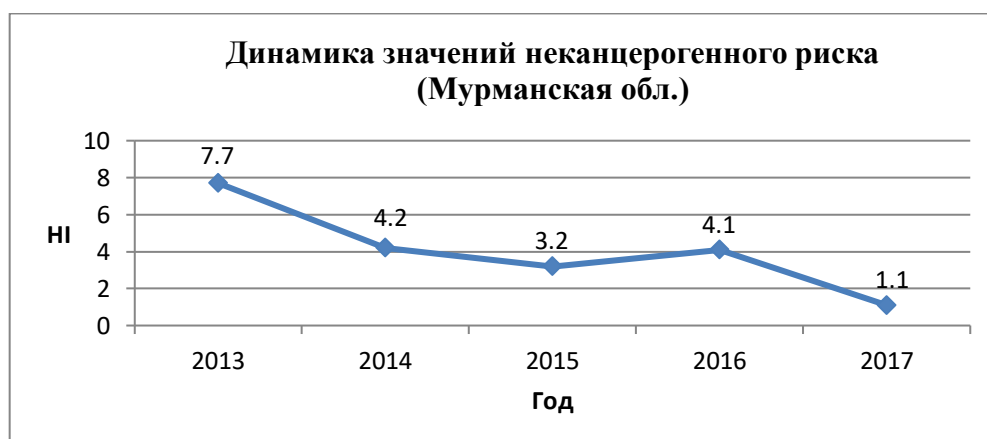


Рисунок 9 - Динамика показателя неканцерогенного риска в Мурманской области за период 2013 – 2017 гг.

В соответствии с проведенным анализом, Красноярский Край по загрязнению атмосферного воздуха селитебных территорий населенных мест является территорией риска по заболеваемости населения болезням органов дыхания, связанной с загрязнением атмосферного воздуха (факторы риска – диоксид азота, формальдегид). А также органов глаза и иммунной системы (фактор риска – формальдегид).

Проведенный анализ показал, что перечень приоритетных загрязнителей атмосферного воздуха, формирующих негативные тенденции в состоянии здоровья населения области, остается без существенных изменений на протяжении анализируемого периода времени.

Динамика значений неканцерогенного риска в исследуемом регионе показывает положительную тенденцию в сторону снижения (с небольшим превышением в 2016г.) на протяжении анализируемого периода времени.

Рассмотрим далее Белгородскую и Воронежскую области.

### ***Белгородская область***

При оценке рисков учитывались официальные данные, говорящие о том, что за весь изучаемый период (2013 – 2017 гг.) среднегодовая концентрация загрязняющих атмосферный воздух веществ превышала ПДК по одному или нескольким веществам только в г. Старый Оскол. В городах Белгород и Губкин превышения норм ПДК фиксировались только в 2013 г. по формальдегиду и бенз(а)пирену [7-11, 23-27].

Для г. Белгород в 2013 г. приоритетными загрязнителями являлись формальдегид ( $HQ = 2,0 > 1$  средний уровень) и бенз(а)пирен ( $HQ = 1,2 > 1$  средний уровень). Вероятность развития у человека вредных эффектов при ежедневном поступлении вещества в течение жизни возрастает пропорционально увеличению  $HQ$ . Величина  $HQ$  по формальдегиду значительна и оба загрязнителя являются канцерогенами.

Для г.Губкин в 2013г. приоритетным загрязнителем являлся диоксид азота ( $HQ = 1,01 > 1$ ).

Для г.Старый Оскол приоритетными загрязнителями являются формальдегид ( $HQ = 2,3 > 1$  средний уровень), бенз(а)пирен и диоксид азота, к тому же величина  $HQ$  по формальдегиду значительна и два первых загрязнителя являются канцерогенами.

Ниже представлены результаты расчетов за весь исследуемый период (таблица 18) и прогнозы неканцерогенных рисков для Белгородской области за 2015 г. (таблица 19).

Таблица 18

Оценка неканцерогенного риска с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> для городов Белгородской обл. за 2013 - 2017 г. (составлено автором).

Белгородская область, 2013 – 2017 гг.						
Год	Город	Загрязняющие вещества	Среднегодовая концентрация, мг/м <sup>3</sup>	RfC, мг/м <sup>3</sup>	HQ	Критический орган/система
2017	Старый Оскол	Формальдегид	0,013	0,01	1,3	органы дыхания, глаза, иммун. (сенсиб.)
2016	Старый Оскол	Формальдегид	0,012	0,01	1,2	органы дыхания, глаза, иммун. (сенсиб.)
2015	Старый Оскол	Формальдегид	0,0103	0,01	1,03	органы дыхания, глаза, иммун. (сенсиб.)
		Диоксид азота	0,0468	0,04	1,17	органы дыхания, кровь (образование MetHb)
2014	Старый Оскол	Диоксид азота	0,0456	0,04	1,14	органы дыхания, кровь (образование MetHb)
	Губкин	Диоксид азота	0,0404		1,01	
2013	Белгород	Формальдегид	0,006	0,003	2,0	органы дыхания, глаза, иммун. (сенсиб.)
		Бензапирен	$1,2 \times 10^{-6}$	$1,0 \times 10^{-6}$	1,2	рак, иммун., развитие
	Старый Оскол	Формальдегид	0,0069	0,003	2,3	органы дыхания, глаза, иммун. (сенсиб.)
		Бензапирен	$1,6 \times 10^{-6}$	$1,0 \times 10^{-6}$	1,6	рак, иммун., развитие
	Губкин	Бензапирен	$1,4 \times 10^{-6}$	$1,0 \times 10^{-6}$	1,4	рак, иммун., развитие

Таблица 19

Расчет индекса опасности для критических органов/систем при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> для Белгородской области за 2015 г. (составлено автором).

Критический орган/система	Загрязняющие вещества	HQ	TNI
Органы дыхания	Диоксид азота	1,17	2,2
	Формальдегид	1,03	
Кровеносная система	Диоксид азота	1,17	1,17
Иммунная система	Формальдегид	1,03	1,03
Органы глаза	Формальдегид	1,03	1,03

Полученные в ходе расчетов данные неканцерогенного риска в 2013 – 2017 гг. были усреднены и сведены в таблице 20 и графически представлены на рисунке 10.

Таблица 20

Средние значения показателя неканцерогенного риска для городов Белгородской обл. за 2013 - 2017 гг. (составлено автором).

Белгородская область, 2013 – 2017 гг.	
Год	НІ
2013	4,3
2014	2,15
2015	2,2
2016	1,2
2017	1,3

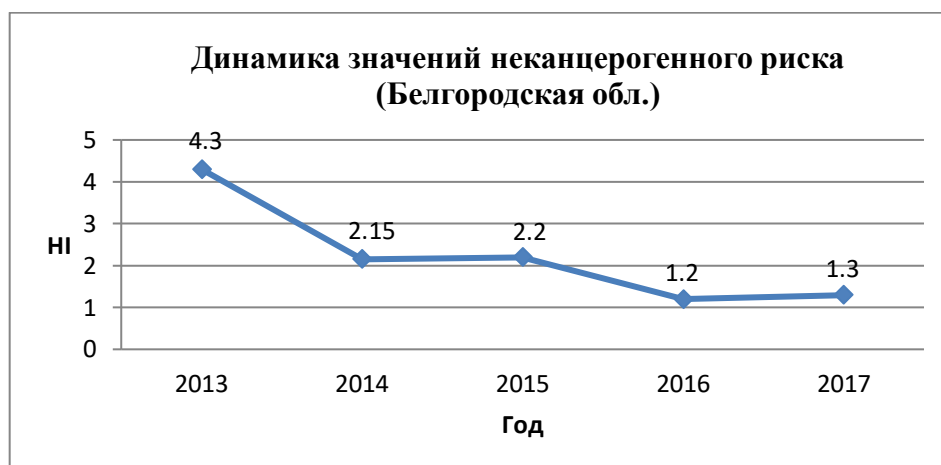


Рисунок 10 - Динамика значений неканцерогенного риска в Белгородской области за 2013 – 2017гг.

В соответствии с проведенным анализом, Белгородская область по загрязнению атмосферного воздуха селитебных территорий населенных мест является территорией риска по заболеваемости населения болезням органов дыхания, связанной с загрязнением атмосферного воздуха (факторы риска – диоксид азота, формальдегид), болезням органов глаза и иммунной системы (факторы риска - формальдегид), болезням крови (факторы риска – диоксид азота).

Динамика значений неканцерогенного риска в исследуемом регионе показывает положительную тенденцию в сторону снижения (с небольшим повышением уровня в 2015 г.) на протяжении анализируемого периода времени.

#### ***Воронежская область***

Расчеты значений неканцерогенного риска для здоровья населения Воронежской области при ингаляционном поступлении загрязняющих веществ выполнены на основании данных загрязнения атмосферы г.Воронежа, так как только в данном городе существует сеть мониторинга атмосферного воздуха [7].



За весь изучаемый период (2013 – 2017 гг.) превышения ПДК в г.Воронеже наблюдались по нескольким веществам: диоксид азота, оксид углерода, взвешенные -вещества и формальдегид. Отметим, что последнее вещество является канцерогенном [7-11,18-22].

Для г.Воронежа приоритетными загрязнителями является диоксид азота ( $HQ = 3,5 > 1$  высокий уровень – 2015 г.), взвешенные вещества и формальдегид.

Ниже представлены результаты расчетов (таблица 21) и прогнозов неканцерогенных рисков для г. Воронежа по результатам за 2016 г (таблица 22).

Таблица 21

Оценка неканцерогенного риска с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в  $мг/м^3$  для Воронежской области за 2013 - 2017 гг. (составлено автором).

Воронежская область (г.Воронеж), 2013 - 2017 гг.					
Загрязняющие вещества	Год	Среднегодовая концентрация, $мг/м^3$	RfC, $мг/м^3$	HQ	Критический орган/система
Диоксид азота	2017	0,100	0,04	2,50	органы дыхания, кровь (образование MetHb)
	2016	0,104		2,60	
	2015	0,140		3,50	
	2014	0,130		3,25	
	2013	0,120		3,00	
Оксид углерода	2017	н/д	3,0	н/д	кровь, сердечнососудистая система, развитие, ЦНС
	2016	3,0		1	
	2015	3,0		1	
	2014	3,0		1	
	2013	9,0		3	
Взвешенные вещества	2017	0,630	0,3	2,10	органы дыхания, смертность
	2016	0,525		1,75	
	2015	0,570		1,90	
	2014	0,495		1,65	
	2013	0,495		1,65	
Формальдегид	2017	0,0057	0,003	1,9	органы дыхания, глаза, иммун. (сенсиб.)
	2016	0,0033		1,1	
	2015	0,0030		1,0	
	2014	0,0036		1,2	
	2013	0,0090		3,0	

Таблица 22

Расчет индекса опасности для критических органов/систем при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в  $\text{мг/м}^3$  для Воронежской области за 2016 г. (составлено автором).

Критический орган/система	Загрязняющие вещества	HQ	ТНП
Органы дыхания	Диоксид азота	2,60	6,45
	Взвешенные вещества	1,75	
	Формальдегид	1,10	
	Оксид углерода	1,00	
Кровеносная система	Диоксид азота	2,60	2,60
Сердечнососудистая система	Оксид углерода	1,00	1,00
Органы глаза	Формальдегид	1,10	1,10
Центральная нервная система	Оксид углерода	1,00	1,00
Иммунная система	Формальдегид	1,10	1,10
Развитие	Оксид углерода	1,00	1,00
Смертность	Взвешенные вещества	1,75	1,75

Полученные в ходе расчетов данные неканцерогенного риска в 2013 – 2017 гг. были усреднены и сведены в таблице 24 и графически представлены на рисунке 11.

Таблица 24

Средние значения показателей неканцерогенного риска для г.Воронежа за 2013 - 2017 гг. (составлено автором).

Воронежская область, 2013 – 2017 гг.	
Год	НИ
2013	10,7
2014	7,1
2015	7,4
2016	6,45
2017	6,5

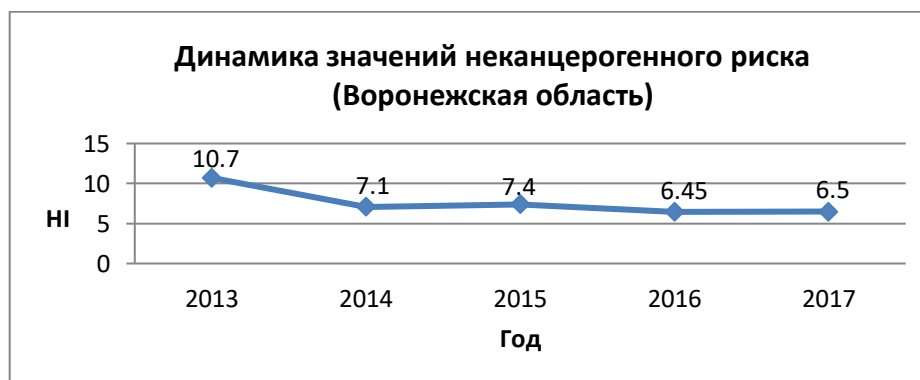


Рисунок 11 - Динамика изменения средних значений показателя неканцерогенного риска в г.Воронеже за период с 2013 по 2017 гг.

В соответствии с проведенным анализом, г.Воронеж по загрязнению атмосферного воздуха селитебных территорий населенных мест является территорией риска по заболеваемости населения болезнями органов дыхания, связанной с загрязнением атмосферного воздуха (факторы риска – взвешенные вещества, диоксид азота, диоксид серы формальдегид) и болезням крови (факторы риска – диоксид азота).

Динамика значений неканцерогенного риска в исследуемом регионе показывает положительную тенденцию в сторону снижения (с небольшим превышением в 2015г.) на протяжении анализируемого периода времени.

В соответствии с проведенным анализом, исследуемые регионы по загрязнению атмосферного воздуха селитебных территорий населенных мест являются территориями риска по заболеваемости населения болезнями органов дыхания, связанными с загрязнением атмосферного воздуха. Это подтверждается данными по заболеваемости – приоритетной группой болезней во всех исследуемых регионах являются болезни органов дыхания.

Сравнивая северные и южные территории, выявлено, что наибольшие уровни рисков наблюдаются в южных и центральных частях Красноярского края. Полученные в ходе расчетов данные были ожидаемы, так как в данном регионе России наблюдаются неблагоприятные для рассеивания веществ метеоусловия и очень высокие уровни загрязнения, соответствующие классу «бедствие» (по ИЗА). На северных территориях Красноярского края и Мурманской области наблюдаются более низкие показатели значений рисков, так как на данных территориях условия для рассеивания более благоприятные. Южные территории Белгородской области и Воронежской области отличаются значениями показателей рисков в 2-3 раза, это связано с более развитой промышленностью на территории Воронежской области, а также с более благоприятными условиями рассеивания на территории Белгородской области.

Если рассматривать полученные данные за проанализированный период (2013 – 2017 гг.) в динамике, можно увидеть, что в отличие от других исследуемых областей, в данном регионе происходит увеличение показателей рисков развития по группам приоритетных заболеваний. Сравнивая с официальными данными по заболеваемости населения, выявлено несоответствие прогнозируемым уровням рисков по болезням органов дыхания и реальной заболеваемостью (темп прироста отрицательный). По болезням органов кровообращения, напротив, прогнозируемая динамика в сторону увеличения подтверждена реальными показателями (темп прироста положительный).

В остальных исследуемых областях динамика развития неканцерогенных рисков имеет тенденцию к снижению (за 2013 – 2017 гг.). По приоритетной группе заболеваний органов

дыхания показатели риска также снижаются, что не соответствует официальным данным по заболеваемости, где наблюдается положительный темп прироста.

### 3.5. Оценка канцерогенного риска для здоровья населения при загрязнении атмосферного воздуха исследуемых территорий

Для оценки рисков канцерогенов, сведения о показателях опасности развития канцерогенных эффектов обобщены в таблице 25.

Таблица 25

Показатели опасности развития канцерогенных эффектов (по [29])

Вещество	Ингаляционное воздействие		
	МАИР	EPA	SFi
3,4-бенз(а)пирен	2A	B2	3,9
Формальдегид	2A	B1	0,046

Примечание. МАИР - классификация Международного агентства по изучению рака; EPA - классификация степени доказанности канцерогенности для человека U.S. EPA; SFi – факторы канцерогенного потенциала для ингаляционного поступления (мг/(кг·сут.))<sup>-1</sup>.

Целью данного раздела работы является оценка канцерогенного риска здоровью населения городов, расположенных в зонах с различным потенциалом загрязнения атмосферы, вызванного накоплением в атмосфере химических веществ с доказанной либо вероятной канцерогенностью для человека.

Для проведения оценки канцерогенного риска был выполнен расчёт показателей индивидуального и популяционного канцерогенного рисков с последующей классификацией их по уровням риска; выделены веществ, чей вклад в показатели риска наиболее значителен и определение преобладающих нозологических групп заболеваний, обусловленных загрязнением атмосферы канцерогенными веществами.

В таблице 26 перечислены вещества, доля которых в значениях индивидуального канцерогенного риска в различные годы наиболее велика.

Таблица 26

Вещества-канцерогены, вносящие наибольший вклад в значения индивидуального канцерогенного риска

Город	Приоритетные вещества и значения их CR				
	2017	2016	2015	2014	2013
Воронеж	Формальдег ид ( $2,5 \cdot 10^{-4}$ )	Формальдег ид ( $1,4 \cdot 10^{-4}$ )	Формальдег ид ( $1,3 \cdot 10^{-4}$ )	Формальдег ид ( $1,6 \cdot 10^{-4}$ )	Формальдеги д ( $1,2 \cdot 10^{-4}$ )
Лесосибирск	Формальдег ид ( $1,6 \cdot 10^{-4}$ )	Формальдег ид ( $1,4 \cdot 10^{-4}$ )	Формальдег ид ( $1,4 \cdot 10^{-4}$ )	Формальдег ид ( $1,4 \cdot 10^{-4}$ )	Формальдеги д ( $4,5 \cdot 10^{-5}$ )

Ачинск	Формальдег ид ( $1,8 \cdot 10^{-4}$ )	Формальдег ид ( $2,6 \cdot 10^{-4}$ )	Формальдег ид ( $2,6 \cdot 10^{-4}$ )	Формальдег ид ( $2,1 \cdot 10^{-4}$ )	Формальдеги д ( $5,1 \cdot 10^{-5}$ )
Минусинск	Бензапирен( $1,2 \cdot 10^{-5}$ )	Бензапирен( $1,0 \cdot 10^{-5}$ )	Бензапирен( $9,6 \cdot 10^{-6}$ )	Бензапирен( $9,4 \cdot 10^{-6}$ )	Бензапирен ( $5,0 \cdot 10^{-6}$ )
Красноярск	Формальдег ид ( $2,4 \cdot 10^{-4}$ )	Бензапирен( $1,6 \cdot 10^{-4}$ )	Формальдег ид ( $1,6 \cdot 10^{-4}$ )	Формальдег ид ( $1,7 \cdot 10^{-4}$ )	Формальдеги д ( $5,9 \cdot 10^{-5}$ )
Мончегорск	Формальдег ид ( $1,4 \cdot 10^{-4}$ )	Формальдег ид ( $2,1 \cdot 10^{-4}$ )	Формальдег ид ( $2,2 \cdot 10^{-4}$ )	-	Формальдеги д ( $1,2 \cdot 10^{-4}$ )
Старый Оскол	Формальдег ид ( $1,7 \cdot 10^{-4}$ )	Формальдег ид ( $1,6 \cdot 10^{-4}$ )	Формальдег ид ( $1,4 \cdot 10^{-4}$ )	-	Формальдеги д ( $9,1 \cdot 10^{-5}$ )

Из таблицы 26 видно, что в течение изучаемого периода в во всех городах, за исключением г.Минусинска, наибольший вклад в значение индивидуального канцерогенного риска вносил формальдегид. В г.Минусинске в значение индивидуального канцерогенного риска вносит свой вклад бензапирен. Что касается вклада в значение индивидуального канцерогенного риска для г.Красноярска, то здесь роль играют бензапирен и формальдегид с преимуществом формальдегида.

В таблицах 27-30 представлены полученные значения индивидуальных канцерогенных рисков по тем веществам, концентрации которых в атмосферном воздухе превышали ПДКсс на исследуемых территориях.

Северные территории.

Северная часть Красноярского края при расчете канцерогенного риска представлена г. Лесосибирском, где были зафиксированы превышения нормативов ПДКсс по формальдегиду на протяжении всего изучаемого периода (2013 – 2017 гг.) [7-11]. Данные представлены в таблице 27.

Таблица 27

Индивидуальные канцерогенные риски для городов Красноярского Края в 2013-2017 гг.

<b>Красноярский Край, 2013 – 2017 гг.</b>			
Город	Год	CR формальдегид	$\Sigma CR$
Лесосибирск	2017	$1,6 \times 10^{-4}$	$1,6 \times 10^{-4}$
	2016	$1,4 \times 10^{-4}$	$1,4 \times 10^{-4}$
	2015	$1,4 \times 10^{-4}$	$1,4 \times 10^{-4}$
	2014	$1,4 \times 10^{-4}$	$1,4 \times 10^{-4}$
	2013	$4,5 \times 10^{-5}$	$4,5 \times 10^{-5}$

В Мурманской области за анализируемый период (2013 – 2017 гг.) были зафиксированы повышенные концентрации по формальдегиду в г. Мончегорске. В г. Кандалакша в 2014 г. отмечены превышения среднегодовых концентраций по бенз(а)пирену, в 2013 г. в г. Мурманск были превышены нормативы ПДКсс по формальдегиду [7-11]. Данные представлены в таблице 28.

Таблица 28

Индивидуальные канцерогенные риски для городов Мурманской обл. в 2013-2017 гг.

<b>Мурманская область, 2013 – 2017 гг.</b>				
Город	Год	CR бенз(а)пирен	CR формальдегид	$\Sigma CR$
Мончегорск	2017	-	$1,4 \times 10^{-4}$	$1,4 \times 10^{-4}$
	2016	-	$2,1 \times 10^{-4}$	$2,1 \times 10^{-4}$
	2015	-	$2,2 \times 10^{-4}$	$2,2 \times 10^{-4}$
	2013	-	$1,2 \times 10^{-4}$	$1,2 \times 10^{-4}$
Кандалакша	2014	$1,2 \times 10^{-6}$	-	$1,2 \times 10^{-6}$
Мурманск	2013	-	$4,7 \times 10^{-5}$	$4,7 \times 10^{-5}$

Центральные и южные территории.

Центральная и южная части Красноярского края при расчете канцерогенного риска были представлены городами Ачинск, Красноярск (центральная часть) и Минусинск (южная часть), где были зафиксированы превышения нормативов ПДКсс по формальдегиду и бенз(а)пирену на протяжении всего изучаемого периода (2013 – 2017 гг.) [7-11]. Данные представлены в таблице 29.

Таблица 29

Индивидуальные канцерогенные риски для городов Красноярского Края в 2013-2017 гг.

<b>Красноярский Край, 2013 – 2017 гг.</b>				
Город	Год	CR бенз(а)пирен	CR формальдегид	<b>ΣCR</b>
Ачинск	2017	-	$1,8 \times 10^{-4}$	$1,8 \times 10^{-4}$
	2016	-	$2,6 \times 10^{-4}$	$2,6 \times 10^{-4}$
	2015	-	$2,6 \times 10^{-4}$	$2,6 \times 10^{-4}$
	2014	-	$2,1 \times 10^{-4}$	$2,1 \times 10^{-4}$
	2013	-	$5,1 \times 10^{-5}$	$5,1 \times 10^{-5}$
Красноярск	2017	$1,1 \times 10^{-5}$	$2,4 \times 10^{-4}$	$2,5 \times 10^{-4}$
	2016	-	$1,6 \times 10^{-4}$	$1,6 \times 10^{-4}$
	2015	$4,1 \times 10^{-6}$	$1,6 \times 10^{-4}$	$1,6 \times 10^{-4}$
	2014	$6,6 \times 10^{-6}$	$1,7 \times 10^{-4}$	$1,7 \times 10^{-4}$
	2013	$3,9 \times 10^{-6}$	$5,9 \times 10^{-5}$	$6,3 \times 10^{-5}$
Минусинск	2017	$1,2 \times 10^{-5}$	-	$1,2 \times 10^{-5}$
	2016	$1,0 \times 10^{-5}$	-	$1,0 \times 10^{-5}$
	2015	$9,6 \times 10^{-6}$	-	$9,6 \times 10^{-6}$
	2014	$9,4 \times 10^{-6}$	-	$9,4 \times 10^{-6}$
	2013	$5,0 \times 10^{-6}$	-	$5,0 \times 10^{-6}$

В Белгородской области основной вклад в значения канцерогенного риска вкладывают концентрации формальдегида в г. Старый Оскол. В городах Белгород и Губкин превышения концентраций фиксировались в 2013 г. по бенз(а)пирену и формальдегиду [7-11]. Данные представлены в таблице 30.

Таблица 30

Индивидуальные канцерогенные риски для городов Белгородской обл. в 2013-2017 гг.

<b>Белгородская область, 2013 – 2017 гг.</b>				
Город	Год	CR бенз(а)пирен	CR формальдегид	<b>ΣCR</b>
Белгород	2013	$1,3 \times 10^{-6}$	$7,9 \times 10^{-5}$	$8,0 \times 10^{-5}$
Губкин	2013	$1,6 \times 10^{-6}$	-	$1,6 \times 10^{-6}$
Старый Оскол	2017	-	$1,7 \times 10^{-4}$	$1,7 \times 10^{-4}$
	2016	-	$1,6 \times 10^{-4}$	$1,6 \times 10^{-4}$
	2015	-	$1,4 \times 10^{-4}$	$1,4 \times 10^{-4}$
	2013	$1,8 \times 10^{-6}$	$9,1 \times 10^{-5}$	$9,2 \times 10^{-5}$

В Воронежской области, представленной г. Воронежем, значения канцерогенного риска обусловлены превышениями нормативов ПДКсс по формальдегиду [7-11]. Данные представлены в таблице 31.

Таблица 31

Индивидуальные канцерогенные риски для городов Воронежской обл. в 2013-2017 гг.

Воронежская область, 2013 – 2017 гг.			
Город	Год	CR формальдегид	$\Sigma CR$
Воронеж	2017	$2,5 \times 10^{-4}$	$2,5 \times 10^{-4}$
	2016	$1,4 \times 10^{-4}$	$1,4 \times 10^{-4}$
	2015	$1,3 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-4}$
	2014	$1,6 \times 10^{-4}$	$1,6 \times 10^{-4}$
	2013	$1,2 \times 10^{-4}$	$1,2 \times 10^{-4}$

Значения полученных индивидуальных и популяционных канцерогенных рисков для здоровья населения исследуемых городов представлены в таблицах 32-36.

Северные территории представлены г. Лесосибирск Красноярского края (таблица 32) и городами Мурманской области (таблица 33).

Таблица 32

Индивидуальные и популяционные канцерогенные риски для здоровья населения г. Лесосибирска Красноярского Края

Красноярский край, 2013 – 2017 гг.			
Город	Год	CR	PCR
Лесосибирск	2017	$1,6 \times 10^{-4}$	9,6
	2016	$1,4 \times 10^{-4}$	8,7
	2015	$1,4 \times 10^{-4}$	8,7
	2014	$1,4 \times 10^{-4}$	8,7
	2013	$4,5 \times 10^{-5}$	2,7

Таблица 33

Индивидуальные и популяционные канцерогенные риски для здоровья населения городов Мурманской обл.

Мурманская область, 2013 – 2017 гг.			
Город	Год	CR	PCR
Мончегорск	2017	$1,4 \times 10^{-4}$	6,2
	2016	$2,1 \times 10^{-4}$	9,0
	2015	$2,2 \times 10^{-4}$	9,4
	2013	$1,2 \times 10^{-4}$	5,3
Кандалакша	2014	$1,2 \times 10^{-6}$	$4,1 \times 10^{-2}$
Мурманск	2013	$4,7 \times 10^{-5}$	14,3



Центральные и южные территории представлены городами Ачинск, Красноярск (центральная часть Красноярского края) и Минусинск (южная часть Красноярского края) (таблица 34), городами Белгородской области (таблица 35) и г.Воронеж Воронежской области (таблица 36).

Таблица 34

Индивидуальные и популяционные канцерогенные риски для здоровья населения городов  
Красноярского Края

Красноярский край, 2013 – 2017 гг.			
Город	Год	CR	PCR
Ачинск	2017	$1,8 \times 10^{-4}$	18,5
	2016	$2,6 \times 10^{-4}$	27,7
	2015	$2,6 \times 10^{-4}$	27,9
	2014	$2,1 \times 10^{-4}$	22,0
	2013	$5,1 \times 10^{-5}$	5,5
Минусинск	2017	$1,2 \times 10^{-5}$	0,8
	2016	$1,0 \times 10^{-5}$	0,7
	2015	$9,6 \times 10^{-6}$	0,7
	2014	$9,4 \times 10^{-6}$	0,6
	2013	$5,0 \times 10^{-6}$	0,3
Красноярск	2017	$2,5 \times 10^{-4}$	269,7
	2016	$1,6 \times 10^{-4}$	168,3
	2015	$1,6 \times 10^{-4}$	170,3
	2014	$1,7 \times 10^{-4}$	178,3
	2013	$6,3 \times 10^{-5}$	63,7

Таблица 35

Индивидуальные и популяционные канцерогенные риски для здоровья населения городов  
Белгородской области

Белгородская область, 2013-2017 гг.			
Город	Год	CR	PCR
Белгород	2013	$8,0 \times 10^{-5}$	30,0
Губкин	2013	$1,6 \times 10^{-6}$	0,1
Старый Оскол	2017	$1,7 \times 10^{-4}$	38,2
	2016	$1,6 \times 10^{-4}$	35
	2015	$1,4 \times 10^{-4}$	30,0
	2013	$9,2 \times 10^{-5}$	20,7

Таблица 36

Индивидуальные и популяционные канцерогенные риски для здоровья населения г.Воронежа

Воронежская область, г.Воронеж, 2013 – 2017 гг.		
Год	CR	PCR
2017	$2,5 \times 10^{-4}$	259,7
2016	$1,4 \times 10^{-4}$	149,3
2015	$1,3 \times 10^{-4}$	134,5
2014	$1,6 \times 10^{-4}$	160,0
2013	$1,2 \times 10^{-4}$	118,7

Осреднённые за изучаемый период результаты расчетов показателей индивидуального (CR) и популяционного (PCR) канцерогенного рисков представлены в таблице 37.

Таблица 37

Осредненные результаты расчётов индивидуального (CR) и популяционного (PCR) канцерогенного рисков на исследуемых территориях за весь исследуемый период

Город	CR	PCR
Старый Оскол	$1,4 \times 10^{-4}$	31,0
Воронеж	$1,6 \times 10^{-4}$	164,4
Лесосибирск	$1,3 \times 10^{-4}$	7,7
Ачинск	$1,9 \times 10^{-4}$	20,3
Минусинск	$9,1 \times 10^{-6}$	0,6
Красноярск	$1,6 \times 10^{-4}$	170,0
Мончегорск	$1,7 \times 10^{-4}$	7,5

Суммарный индивидуальный канцерогенный риск при хроническом ингаляционном воздействии загрязняющих веществ на протяжении всей жизни показывает число дополнительных случаев серьёзного заболевания или смерти на 1 млн. экспонированных лиц [29]. По полученным усредненным значениям видно, что первое место занимает г.Ачинск Красноярского края, где число дополнительных случаев серьёзного заболевания или смерти на 1 млн. экспонированных лиц соответствует 190. На следующей позиции находится г. Мончегорск ( $SUM YCR=1,7 \times 10^{-4}$ ) - 170 дополнительных случаев серьёзного заболевания или смерти на 1 млн. экспонированных лиц. Третье место занимают города Воронеж и Красноярск ( $SUM YCR=1,6 \times 10^{-4}$ ) - 160 дополнительных случаев серьёзного заболевания или смерти на 1 млн. экспонированных лиц.

Данные значения суммарного индивидуального канцерогенного риска на протяжении всей жизни неприемлемо для населения в целом, а приемлемо только для профессиональных

групп, поэтому требует углублённой оценки и разработки мероприятий по снижению риска [29].

В соответствии с критериями приемлемости риска [29], исследуемые города за изучаемый период, исходя из полученных значений индивидуального канцерогенного риска, были классифицированы по уровню риска. Данные сведены в таблицах 38-42.

Северные территории представлены г. Лесосибирском Красноярского края (таблица 38) и городами Мурманской области (таблица 39).

Таблица 38

Классификация городов Красноярского края по уровню риска

<b>Красноярский край, 2013 – 2017 гг.</b>			
Город	Год	CR	Уровень риска
Лесосибирск	2017	$1,6 \times 10^{-4}$	Третий диапазон
	2016	$1,4 \times 10^{-4}$	Третий диапазон
	2015	$1,4 \times 10^{-4}$	Третий диапазон
	2014	$1,4 \times 10^{-4}$	Третий диапазон
	2013	$4,5 \times 10^{-5}$	Второй диапазон

Лесосибирск по уровню риска последние года (2014 – 2017 гг.) соответствует третьему диапазону, т.е. приемлем для профессиональных групп и неприемлем для населения в целом.

Таблица 39

Классификация городов Мурманской обл. по уровню риска

<b>Мурманская область, 2013 – 2017 гг.</b>			
Город	Год	CR	Уровень риска
Мончегорск	2017	$1,4 \times 10^{-4}$	Третий диапазон
	2016	$2,1 \times 10^{-4}$	Третий диапазон
	2015	$2,2 \times 10^{-4}$	Третий диапазон
	2013	$1,2 \times 10^{-4}$	Третий диапазон
Кандалакша	2014	$1,2 \times 10^{-6}$	Второй диапазон
Мурманск	2013	$4,7 \times 10^{-5}$	Второй диапазон

Мончегорск по уровню риска соответствует третьему диапазону, т.е. приемлем для профессиональных групп и неприемлем для населения в целом. В городах Кандалакша и Мурманск риск соответствует второму диапазону, т.е. верхней границе приемлемого риска.

Более южные территории представлены городами Ачинск, Красноярск и Минусинск Красноярского края (таблица 40), Старый Оскол, Белгород и Губкин Белгородской области (таблица 41) и Воронежем Воронежской области (таблица 42).

Таблица 40

Классификация городов Красноярского края по уровню риска

Красноярский край, 2013 – 2017 гг.			
Город	Год	CR	Уровень риска
Ачинск	2017	$1,8 \times 10^{-4}$	Третий диапазон
	2016	$2,6 \times 10^{-4}$	Третий диапазон
	2015	$2,6 \times 10^{-4}$	Третий диапазон
	2014	$2,1 \times 10^{-4}$	Третий диапазон
	2013	$5,1 \times 10^{-5}$	Второй диапазон
Минусинск	2017	$1,2 \times 10^{-5}$	Второй диапазон
	2016	$1,0 \times 10^{-5}$	Второй диапазон
	2015	$9,6 \times 10^{-6}$	Второй диапазон
	2014	$9,4 \times 10^{-6}$	Второй диапазон
	2013	$5,0 \times 10^{-6}$	Второй диапазон
Красноярск	2017	$2,5 \times 10^{-4}$	Третий диапазон
	2016	$1,6 \times 10^{-4}$	Третий диапазон
	2015	$1,6 \times 10^{-4}$	Третий диапазон
	2014	$1,7 \times 10^{-4}$	Третий диапазон
	2013	$6,3 \times 10^{-5}$	Второй диапазон

В городах Ачинск и Красноярск уровни риска соответствуют третьему диапазону, т.е. риск приемлем для профессиональных групп и неприемлем для населения в целом. В г.Минусинске полученные значения соответствуют второму диапазону уровня риска, т.е. верхней границе приемлемого риска.

Таблица 41

Классификация городов Белгородской обл. по уровню риска

Белгородская область, 2013 – 2017 гг.			
Город	Год	CR	Уровень риска
Белгород	2013	$8,0 \times 10^{-5}$	Второй диапазон
Губкин	2013	$1,6 \times 10^{-6}$	Второй диапазон
Старый Оскол	2017	$1,7 \times 10^{-4}$	Третий диапазон
	2016	$1,6 \times 10^{-4}$	Третий диапазон
	2015	$1,4 \times 10^{-4}$	Третий диапазон
	2013	$9,2 \times 10^{-5}$	Второй диапазон

Старый Оскол по уровню риска соответствует третьему диапазону, т.е. приемлем для профессиональных групп и неприемлем для населения в целом. В городах Белгород и Губкин риск в 2013 г. соответствовал второму диапазону, т.е. верхней границе приемлемого риска.

Воронежская область, 2013 – 2017 гг.		
Год	CR	Уровень риска
2017	$2,5 \times 10^{-4}$	Третий диапазон
2016	$1,4 \times 10^{-4}$	Третий диапазон
2015	$1,3 \times 10^{-4}$	Третий диапазон
2014	$1,6 \times 10^{-4}$	Третий диапазон
2013	$1,2 \times 10^{-4}$	Третий диапазон

В городе Воронеж уровень риска соответствуют третьему диапазону, т.е. риск приемлем для профессиональных групп и неприемлем для населения в целом.

На основании Руководства [29] второй диапазон (индивидуальный риск в течение всей жизни более  $1,0 \times 10^{-6}$ , но менее  $1,0 \times 10^{-4}$ ) соответствует предельно допустимому риску, т.е. верхней границе приемлемого риска. Подлежат постоянному контролю, могут проводить дополнительные мероприятия по их снижению.

Третий диапазон (индивидуальный риск в течение всей жизни более  $1,0 \times 10^{-4}$ , но менее  $1,0 \times 10^{-3}$ ) приемлем для профессиональных групп и неприемлем для населения в целом. Проявление такого риска требует разработки и проведения плановых оздоровительных мероприятий [29].

Как видно из полученных данных (таблицы 38-42), средние показатели индивидуального канцерогенного риска во всех изучаемых городах, за исключением г.Минусинска (среднее значение  $CR=9,1 \times 10^{-6}$ ) и городов Белгород, Губкин, Кандалакша и Мурманск (не достаточно данных), не менее  $10^{-4}$ , что позволяет отнести данные города к III диапазону по уровню риска, который для населения в целом неприемлем.

При этом индивидуальный канцерогенный риск (CR) в гг. Лесосибирске, Ачинске и Красноярске в 2013 году был меньше  $10^{-4}$ , что является верхней границей приемлемого риска и соответствует II диапазону. Значение CR закономерно увеличивается при продвижении из зоны с низким ПЗА в зону с высоким ПЗА.

Наибольшие показатели индивидуального канцерогенного риска наблюдаются в городах Красноярск и Воронеж в 2017 г. Проведя сравнительный анализ показателей риска с заболеваемостью данных регионов (темпы прироста онкологических заболеваний положительный) можно предположить зависимость данных показателей.

В южной части Красноярского края полученные значения канцерогенного риска превышают значения аналогичного показателя на северных территориях. Это связано с тем, что на северных территориях, благодаря близости к морю, наблюдаются более благоприятные условия для рассеивания. Сравнительно небольшие уровни индивидуального канцерогенного

риска в г. Мончегорске и отсутствие превышений нормативов в других городах Мурманской области также объясняются благоприятными для рассеивания примесей климатическими условиями.

Воронеж. при сравнительно благоприятных для рассеивания выбросов условиях, занимает одну из лидирующих позиций по показателям канцерогенного риска за счет развитой в городе и городском округе промышленной деятельности (предприятия теплоэнергетики, ТЭЦ, химической и нефтехимической отраслей промышленности, строительной индустрии, машиностроения).

Наибольшие показатели популяционного канцерогенного риска наблюдаются также в городах Красноярске и Воронеже, что обусловлено значительно большей численностью городского населения по сравнению с другими городами.

### **3.6 Оценка элементного статуса населения исследованных территорий**

Элементный статус, является одним из показателей функционального состояния организма человека, который влияет на его здоровье. Он определяется химическими особенностями окружающей среды, индивидуальными особенностями организма, эколого-социальными факторами и т.д. [60].

Доказана связь между обеспеченностью организма человека макро- и микроэлементами и основными демографическими показателями населения. Известно, что дисбаланс химических элементов во внутренней среде человека приводит к дисфункции гормонально-ферментных систем и развитию микроэлементозов, что нарушает индивидуальное и популяционное здоровье. Микроэлементный состав организма не только отражает геохимический фон, но и является отличительной особенностью вида. Для определения уровней содержания различных макро- и микроэлементов в организме человека приняты методы количественного анализа этих элементов в биосубстратах человека: цельной крови, моче, волосах, слюне, зубном дентине и костной ткани [61].

#### ***Красноярский край***

В настоящее время в научной литературе имеется достаточно данных об элементном статусе населения, проживающего в различных районах Российской Федерации. В частности, по Красноярскому краю была проведена масштабная работа С.В. Куркатовым, опубликованная в 2005 г. под названием «Гигиенические и медико-социальные проблемы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения Красноярского края». В данной работе были проведены анализы биопроб волос на определение макро-, микроэлементов в волосах детей, проживающих в промышленных городах, сельских районах и малых городах северной и южной частей Красноярского края [44].

В данной работе установлено, что на всей территории края отмечается, по сравнению с референтными концентрациями, низкое содержание в волосах меди и селена, повышенное содержание железа. При этом в промышленных городах (Лесосибирск, Красноярск, Ачинск) в волосах детей содержится больше железа, кадмия и мышьяка, относящихся не только к эссенциальным, но и к токсичным веществам. В то же время в волосах детей, проживающих в промышленных городах (Лесосибирск, Красноярск, Ачинск), меньше содержится, по сравнению с детьми сельских районов и малых городов северной и южной частей края цинка и меди.

Из имеющихся в рассматриваемой работе [44] данных следует, что при увеличении антропогенной нагрузки на атмосферу в волосах детей возрастает содержание свинца, но уменьшаются концентрации меди и цинка. При повышении в атмосферном воздухе концентраций взвешенных веществ и диоксида азота у детей отмечено увеличение содержания в волосах мышьяка. Наоборот, с увеличением в атмосферном воздухе концентраций бенз(а)пирена и диоксида азота наблюдается уменьшение в волосах концентраций меди. Это можно объяснить синергизмом загрязняющих веществ и макро- и микроэлементов, то есть увеличение концентраций определенных веществ способно усилить поглощение организмом различных элементов.

Анализ абсолютных значений содержания химических элементов в волосах жителей Красноярского края показал, что они в целом ниже, чем в большинстве других изученных субъектов Сибирского федерального округа. Здесь не зафиксировано максимальных значений в округе ни по одному из элементов ни в одной из групп населения. Относительно повышены медианы Zn у мужчин (ранг 2) и девочек (ранг 3). С другой стороны, среди исследованных групп выявлено много минимальных значений: у всего населения Na, B (ранги 8-9), Sn, V, Cd (ранги 7-9), Mn, Co (ранги 7-8, кроме женщин), Al (ранги 7-8, кроме девочек), Cr (ранги 7-8, кроме мальчиков), I (ранги 8-9, кроме девочек), Mg (ранг 8, только у взрослых).

Сравнение относительных показателей демонстрирует такую же закономерность: максимальных значений распространенности каких-либо элементозов практически нет. Тем не менее, у девочек обнаружена относительно высокая частота избыточного накопления в волосах Na и Cu (ранг 2), у женщин — Zn (ранг 2). У мальчиков относительно повышен риск дисбаланса K (ранг 2), гиперэлементозов P, Zn, Fe, Cr (ранг 3).

Среди жителей Красноярского края относительно повышено число лиц с низким содержанием Mg (у всех, кроме мальчиков, ранги 2-3), I (кроме девочек, ранг 2). Однако в целом элементный статус жителей края можно считать удовлетворительным. Однако для многих из них характерен повышенный риск дефицита Mg (кроме мальчиков), Co (кроме женщин), I (кроме девочек), Cu (только мальчики и мужчины). Умеренные избытки

токсикантов Hg и Sn характерны для взрослого населения обоих полов, в остальном риски гиперэлементозов умеренные и отмечаются относительно редко [62].

Следовательно, комплекс природно-климатических, экологических социальных факторов, воздействующих на население юга Красноярского края, не приводит к существенным дисбалансам в минеральном обмене, т. е. население к нему достаточно хорошо адаптировано. Важно отметить, что представители женского пола с точки зрения элементного статуса выглядят благополучнее мальчиков и мужчин, для которых характерен комплекс дефицитов таких эссенциальных микроэлементов, как Cu, Co, I.

### *Мурманская область*

Для оценки влияния техногенных загрязнений окружающей среды на содержание макро- и микроэлементов в волосах детей, в работе Ю.К. Кривошеева (2005 г.) [63] были проведены исследования у мальчиков, в возрасте 10 лет, живущих в Мурманской области. Согласно ним, содержания макро- и микроэлементов в волосах у практически здоровых детей, проживающих в г. Мончегорске в зоне влияния комбината «Североникель», находится в пределах диапазона величин, рекомендованных в литературных источниках как нормальные. Отсутствует повышенное накопление в волосах детей никеля, меди и кобальта, выбросы которых, являются специфичными для деятельности комбината. В то же время было обнаружено низкое содержание важных макро- и микроэлементов, таких, как кальций, магний и железо. Накопление ряда микроэлементов в волосах детей определялось не только их содержанием в питьевой воде, но и концентрацией кальция и магния, т.е. жесткостью воды. Подобная закономерность характерна так же для бария, алюминия, кадмия, меди, железа, марганца, никеля, титана и цинка.

Анализ научных работ по элементному статусу жителей показал, что характерным для контингента населения области является дефицит в организме важных биоэлементов (кальция, магния, железа и бора). При этом наблюдается отсутствие повышенного накопления специфических для выбросов комбината «Североникель» микроэлементов (меди, кобальта и никеля). Однако в то же время элементный состав отмечается повышенным содержанием токсичных металлов кадмия, свинца и мышьяка [63].

Взаимосвязи между химическим составом, жесткостью (низкой концентрацией кальция и магния) питьевой воды, подаваемой населению Мурманской области, и уровнем заболеваемости населения данного региона не выявлено. Однако следует отметить, что при низкой концентрации минеральных солей в питьевой воде Кольского полуострова, высокая концентрация этих элементов встречается в организме детей. Значительное присутствие алюминия в водах Мурманской области, употребляемых населением, отражается и на концентрации этого элемента в организме дошкольников и подростков в городах области.



Поступление свинца в организм возможно с ягодами, собираемыми вблизи дорог, особенно около горнорудных карьеров, где работают тяжелая техника. Мышьяк, возможно, попадает в организм при употреблении продуктов сельского хозяйства, обработанных химикатами на основе мышьяка. При этом необходимо принимать во внимание, что значительная часть продуктов поступает в районы Крайнего севера из различных регионов России, а также из зарубежных стран [64].

### ***Белгородская область***

Анализ накопленных за период с 2004 по 2010 г. данных о содержании химических элементов в волосах населения Белгородской области позволяет отнести ее к территориям с населением, испытывающим разнонаправленные воздействия природной и технической среды на организм человека. Область характеризуется многими биогеохимическими особенностями, развитыми строительным и аграрным секторами производства, горнодобывающей и металлургической промышленностью. Комплекс перечисленных факторов, вероятно, привел к тому, что показатели уровня химических элементов в волосах населения Белгородской области имеют целый ряд особенностей на фоне показателей по Центральному федеральному округу. Элементный статус населения характеризуется высокими для округа абсолютными значениями содержания Са в волосах [65].

Отдельно следует остановиться на данных, полученных у девочек. У них обнаружены максимальные для данного округа значения Se, К (ранг 1), а также близкие к максимальным показатели Na, Cd, As, В (ранги 2 и 3), Са, Со, Сг, I, Li, V, Pb, Ni (ранги 4—6). В этой группе определены достаточно низкие для ЦФО уровни Mn, Zn, Fe, P, Mg, Hg (ранги 16-14). Интересно отметить, что у мальчиков из Белгородской области значительно чаще отмечаются пониженные (по сравнению с остальными субъектами ЦФО) значения содержания в волосах К, Al (минимум до ЦФО, ранг 18), Mn, Сг, В (ранг 17), Na, As, Fe, Hg, Li (ранги 16-14).

Поэтому для нас очень важно было проанализировать распространение частот отклонений от ВБДУ и НБДУ. Этот анализ показал, что жительницы Белгородской области отличаются от усредненных по ЦФО показателей встречаемости сниженных по сравнению с НБДУ значений Mn (ранг 1 — минимум по ЦФО), Mg (ранг 2), Se (ранг 3) и Fe (ранг 4) на фоне повышенного риска гиперэлементозов Си (ранг 1, максимум для ЦФО), Са, Ni, Sn (ранг 2), К и Na (ранг 3).

У мужчин выявлена максимальная распространенность риска дефицита К (ранг 1), Сг (ранг 2), Mn, I (ранги 3, 4 соответственно) при одновременно максимальной для ЦФО частоте превышения ВБД по Са, Со, Sn и Zn (ранг 1).

Для обследованных девочек из Белгородской области характерна высокая распространенность риска дефицита Zn (ранг 1 — максимум для ЦФО), Mn, Al (ранг 2), P (ранг

4) на фоне максимально частоты избытков V (ранг 1), в меньшей степени — K, Na, Li (ранг 2), Cr (ранг 3), Se, Cd (ранг 4).

У мальчиков полученные результаты - относительно высшая частота дефицита Mn (ранг 2), I (ранг 3), на фоне повышенной частоты превышения ВБДУ по Ca, Si (ранг 1), Cu (ранг 4).

У детей, проживающих в Белгородской области с характерным сочетанием горнодобывающей, металлургической промышленности и развитого сельского хозяйства, относительно средних данных по РФ умеренно был повышен уровень в волосах Ca, K, Na (в 1,3-1,5 раза) и существенно — As (в 3,4 раза - возможно, результат выбросов серосодержащих соединений металлургического комплекса) на фоне относительно низких показателей Zn, Co и Pb. Дисбаланс As/Se выявлен также и у взрослых жителей Белгородской области (превышение средних показателей по As в 1,8 раза). У них же отмечалось пониженное содержание Mg, P, Zn, Pb и повышенное — Ca (антагонисты Mg, P, Pb). Таким образом, данные, полученные в 90-х гг. XX столетия в Белгородской области, отчетливо указывали на наличие выраженных межэлементных дисбалансов (As/Se, Ca/P, Ca/Mg, Ca/Zn), обусловленных как природными (повышенное содержание кальция), так и техногенным факторами [65].

### ***Воронежская область***

Показатели содержания химических элементов в волосах населения Воронежской области за редким исключением соответствуют средним показателям по Центральному федеральному округу. Особым признаком, характерным для этого региона, является повышенное содержание в волосах микроэлемента Cu, которое достигает максимальных значений для округа у женщин и девочек (ранг 1), а также у мужчин и мальчиков (ранг 2). У женской части населения также относительно повышены медианы содержания в волосах Ni (ранг 4), только у женщин почти максимальные для ЦФО значения Co (ранг 2), а у девочек относительно низкий показатель Se (ранг 4).

От средних значений для ЦФО умеренно отличаются в сторону понижения показатели Fe, Al, Li (ранги 16—15) у женщин, Zn, Cr, Li (ранг 15) — у мужчин, Sn, Fe, Cr, Pb, Na и I (ранги 17-15) — у девочек.

Рассмотренное распространение дефицитов химических элементов в популяции, оцененное по многоэлементному анализу волос, указывает на относительное повышение риска гипомикроэлементозов Fe (ранг 3), Si (ранг 4), Mg и Ca (соответственно ранги 5 и 6) и гипермикроэлементозов Co, Ni (ранг 1), Cu (ранг 2 — максимальное значение для ЦФО), а также B, Se, Pb, Sn, V (ранг 4 и 5) — у женского населения. В то же время для мужчин оказалась характерной относительно высокая распространенность случаев со снижением по отношению к УБДУ уровней Mg (ранг 3), Zn (ранг 4), P (ранг 5), I, Mn, Si (ранг 6) и превышением УБДУ по Li (ранг 3), K, As, Se, Ni (ранг 4), Si, Co, Pb, Cd, Sn, V (ранг 5).

Среди представителей детского населения относительно распространены отклонения от условных границ нормы (риск гипомикроэлементозов) Fe, I (ранг 2), Cu, Zn, Se (ранг 1), гипермикроэлементозов As (ранг 2), K, I, Li (ранг 3), Hg, B, V (ранги 4-5) у девочек. У мальчиков более умеренно распространены риски гипомикроэлементозов Fe, Si, Zn (ранги 4—6) и гипермикроэлементозов Co, Cu (ранги 2-3), Cr, B, As, Hg, Sn, Ni, V (ранги 4—5).

Таким образом, для значительной части населения Воронежской области характерным признаком является повышенное содержание Cu в волосах, причем у мужчин этот избыток сопровождается существенным снижением показателей основных функциональных антагонистов Cu - Zn и Cd.

По содержанию Cu жители Воронежской области близки к жителям г. Москвы и соседних областей. Также важно отметить, что повышенное содержание в волосах девочек Cu ассоциируется с максимальным для ЦФО уровнем Zn, т. е. в этой группе, в отличие от г. Москвы межэлементный антагонизм Zn/Cu, вероятно, незначимый.

В целом антагонизм Zn/Cu выражен только у мужчин, что может быть отражением как влияния экологических факторов, так и злоупотребления алкоголем.

Мужская часть населения отличается от женской накоплением (выше медиан в ЦФО) As, Se, комплекса цветных металлов (Ni, Co, Pb, Cd, Sn, V) на фоне относительно сниженного содержания Zn и дисбаланса Zn/Cu, особенно в группе взрослых мужчин. Этот факт отражает известную закономерность повышенного накопления тяжелых металлов в волосах представителей мужского пола, описанную в многочисленных работах (Скальный А.В., 2000; Демидов В.А., 2001; Gordon G.F., 1985; Skalnaya M.G., Grabeklis A.R., 2002) и обусловленную физиологическими особенностями мужского организма, санитарно-гигиеническими и поведенческими особенностями, свойственными мужской части населения.

Таким образом, значительная часть населения Воронежской области подвержена умеренному воздействию комплекса неблагоприятных факторов, вероятнее всего, техногенного происхождения (учитывая развитость в области машиностроительной, металлообрабатывающей, электронной и химической промышленности), являющихся источниками Cu, As, Se и ряда обнаруженных у населения, особенно у мужчин и мальчиков, цветных металлов [65].

Повышенный (максимальный по ЦФО) уровень содержания в волосах всех половозрастных групп, за исключением мужчин, меди можно объяснить тем, что оксид меди является приоритетным загрязнителем атмосферного воздуха (по численности экспонированного населения — 125 000 чел.) и почвы (2370 чел.) (Пичужкина Н.М. с соавт., 2009). Доля лиц с превышением УБДУ по меди составляет 29% у девочек, 28% у мальчиков, 37% у женщин и 17% у мужчин по сравнению с 16, 15, 29 и 14% в среднем по ЦФО

соответственно. На уровень накопления в организме жителей отдельных территорий Воронежской области также могут существенно влиять выбросы Zn, Pb, Cd, Cr, Mn, Hg, Ni (повышенное содержание в почве) и Se и As (в воздухе; данные элементы сопутствуют S в выбросах). Отмеченный в промышленном Левобережье г. Воронежа (Козлов А.Т. с соавт., 1996) рост заболеваний эндокринной системы, холециститов, болезней органов дыхания у детей и взрослых можно, исходя из биологической роли Cu, Ni, Cr, Co, Mn (Скальный А.В., Рудаков И.А., 2004), частично увязать с загрязнением среды обитания этими микроэлементами, что отражается в накоплении их в волосах населения [65].

Относительно повышенная частота низких показателей содержания I в волосах хорошо согласуется с проведенными различными авторами эпидемиологическими исследованиями, относящими большинство районов Воронежской области и г. Воронежа к йоддефицитным территориям (Петрова Т.Н., 2010).

Если в г. Воронеже повышенный риск для здоровья вызывают неблагоприятные факторы атмосферного воздуха, что для сельской местности характерно то, что от 40 до 60% вклада в комплексную антропогенную нагрузку вносит химическое загрязнение питьевой воды (34% исследованных проб не соответствует гигиеническим нормативам). Приоритетными загрязнителями питьевой воды являются Fe, Mn, и нитраты (Пичужкина Н.М., 2006) [65].

С целью проверки эффекта, обнаруженного в городах Мончегорск и Белгород, а именно наличия прямой зависимости накопления металлов от жесткости воды. То есть накопление в организме детей ряда микроэлементов, таких, как медь, железо, марганец, кадмий, никель, титан, цинк, барий и алюминий, определяется не только их содержанием в питьевой воде, но и её жесткостью, был проведен анализ данных по качеству питьевой воды, содержанию тяжелых металлов в окружающей среде города Воронежа и элементному статусу населения данного региона.

Региональной особенностью хозяйственно-питьевого водоснабжения населения Воронежской области является использование воды только из подземных водоносных горизонтов. В большинстве случаев химическое загрязнение питьевой воды обусловлено ее природным составом.

Согласно официальным данным Государственного доклада источники нецентрализованного водоснабжения г. Воронежа относятся к объектам с ненадежным качеством питьевой воды, в районах области регистрировались пробы, несоответствующие гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям. Показатели качества питьевой воды в регионе обусловлены факторами природного характера (повышенным содержанием в воде водоносных горизонтов соединений железа, марганца, бора, солей жесткости), сохраняющимся антропогенным загрязнением подземных вод, отсутствием

эффективной водоочистки в отношении растворенных химических веществ (нитраты); изношенностью водопроводных сетей, приводящих к вторичному загрязнению питьевой воды. Приоритетными загрязняющими веществами в питьевой воде систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения области на протяжении последних лет остаются: общая жесткость, железо, марганец, нитраты, бор, фториды. Приоритетным загрязнителем источников нецентрализованного водоснабжения остаются нитраты [55].

Из литературных источников получены данные многоэлементного скрининга населения Воронежской области (2004-2010 гг.). В ходе исследований были зафиксированы гипермикроэлементозы по многим микро- и макроэлементам (Co, Ni, Cu, Fe, Ni, Cd, Mn, B, Se, Pb, Sn, V, Li, K, As, Hg) [65].

Особым признаком, характерным для этого региона, является повышенное содержание в волосах микроэлемента Cu, которое достигает максимальных значений для всех изучаемых групп, а также Ni и Co (содержание Co – максимальное значение для ЦФО) [65].

С точки зрения проверки упомянутого ранее эффекта, интересны повышенные содержания в биопробах волос населения г.Воронежа таких элементов как Cu, Ni, Cd, Fe, Mn, так как повышенные содержания именно этих элементов были описаны в работах по городам Мончегорск и Белгород.

Как было сказано выше, на протяжении последних лет в питьевой воде Воронежской области наблюдаются повышенные значения по общей жесткости. Таким образом, можно сделать вывод, что данный эффект был зафиксирован не случайно, что повышает надежность использования биопроб для оценки степени загрязнения окружающей среды. Повышенное содержание железа, марганца, солей жесткости не только ухудшает органолептические свойства питьевой воды, но и может оказывать неблагоприятное влияние на здоровье населения. Выявленные закономерности накопления металлов в биосредах могут быть использованы для разработки нормативов содержания этих элементов в волосах и крови с учетом уровня содержания двухвалентных макроэлементов в питьевой воде.

На основе работы А.В Скального [66] проведен анализ связи избыточного накопления и дефицита химических элементов в волосах с наличием того или иного класса болезней на исследуемых территориях.

Общим признаком для территорий Мурманской области и северной части Красноярского края является дефицит магния у местного населения. Поступление магния в организм происходит с пищей и водой, следовательно, учитывая такую особенность северных районов, как недостаточная разнообразие продуктов питания, можно установить причинно-следственную связь данных факторов. Характерной особенностью Мурманской области

являются дефициты кальция, магния и железа, что, скорее всего, связано с пониженными показателями жесткости воды и также недостаточным разнообразием питания. Дефицит данных макроэлементов связаны с увеличением частоты развития болезней практически всех изученных классов.

Избыток кадмия у населения Мурманской области способен привести к увеличению числа случаев болезней нервной системы. Также у населения Мурманской области наблюдается избыточное накопление свинца и кадмия, которое может быть сопряжено с ростом болезней эндокринной системы, нервной системы и органов дыхания.

Повышенные содержания токсического элемента олова для мужчин Красноярская края увеличивают вероятность возникновения болезни органов пищеварения. Также повышенные содержания олова наблюдаются у населения в Белгородской и Воронежской областях. В данных областях России развита металлургическая промышленность, где используют олово при лужении многих материалов, изготовлении припоев.

Характерной особенностью жителей Воронежской области является избыток содержания меди, что увеличивает вероятность развития у населения болезней волосах кожи и подкожной клетчатки. Также наблюдаемый в Воронежской и Белгородской областях избыток селена является фактором возникновением новообразований. В Воронежской области также наблюдается повышенное содержание свинца у населения, которое увеличивает вероятность возникновения болезней органов дыхания.

Элементный баланс зависит от климатогеографических особенностей региона, например влияние природных (экстремальных) факторов. На уровень железа в организме в значительной степени оказывают большое влияние климатические условия. Воздействие низких температур привело к дефициту железа и снижению гемоглобина у населения северных и северо-восточных районов, чему было присвоено название «северной анемии». В свою очередь можно предположить, что дефицит меди является одной из причин распространения гематологических (анемия, нейтропения, тромбоцитопения) нарушений, которые увеличивает риск развития ишемической болезни сердца и бронхиальной астмы. Дефицит железа, характерный для жителей Мурманской, Белгородской и Воронежской областей, обуславливает риск возникновения болезней крови, кроветворных органов и отдельных нарушений, вовлекающих иммунный механизм.

На здоровье населения оказывают влияния как природные, так и техногенные факторами. Природными факторами в первую очередь являются климатогеографическими характеристики районов Крайнего Севера. Доказано появление «северной анемии» (снижение гемоглобина) вследствие воздействия низких температур и дефицита железа. Характерной

особенностью Мурманской области являются дефициты кальция, магния и железа, что, скорее всего, связано с пониженными показателями жесткости воды.

Влияние техногенных факторов прослеживается на примере распространения избытка олова и, как следствия, возникновения болезней органов пищеварения у населения регионов с развитой металлургической промышленностью. Перегрузки организма лиц рабочих профессий железом и марганцем и часто встречающихся дефицитов многих микроэлементов (селен, цинк, медь, хром, магний) оказывает отрицательное влияние на состояние иммунной системы, опорно-двигательного аппарата, кроветворение, функции печени, поджелудочной железы и предстательной железы.

В работах по городам Мончегорску и по Белгороду показано, что жесткость воды приводит к неадекватному с точки зрения загрязнения окружающей среды накоплению ряда тяжелых металлов в биопробах человека, что ставит под сомнение возможность использования этого критерия при определении чрезвычайной экологической ситуации на исследуемой территории. Проведена аналогичная оценка по г. Воронежу, где полученный результат был подтвержден.

Сравнительное исследование накопления элементов в волосах детей в контрастных геохимических регионах позволяет заново оценить возможности исследования минерального состава волос как метода биомониторинга. Отклонения в содержании химических элементов в организме человека могут быть вызваны различными факторами: внешними (экология, профессия, питание) или внутренними (заболевания, генетические особенности и др.). Нарушение обмена макро- и микроэлементов является одним из факторов, способных привести к широкому спектру расстройств в состоянии здоровья. Накопленные в литературе данные подтверждают перспективность скрининговых исследований макро- и микроэлементов в биосубстратах у различных групп населения с целью коррекции как элементного статуса, так и улучшения показателей здоровья населения и качества жизни в целом. Сложности в сопоставлении данных, полученных исследователями в различных регионах, вызывают закономерную настороженность, однако многочисленные преимущества исследования минерального состава волос для оценки экологической ситуации определяют необходимость не отказываться от этого метода, а искать новые подходы к его стандартизации.

## **Заключение**

Проанализировав данные по загрязнению атмосферного воздуха на исследуемых территориях, были выявлены приоритетные загрязняющие вещества, вносящие наибольший вклад в уровень загрязнения атмосферного воздуха: взвешенные вещества, диоксид серы, оксиды азота, оксид углерода, формальдегид и бенз(а)пирен.

Влияние природных факторов на показатели заболеваемости населения прослеживаются на северных территориях в сравнении их с регионами, расположенными южнее, поэтому природно-климатические условия являются фактором, который может усугублять неблагоприятное влияние окружающей среды на состояние здоровья населения. По проведенному анализу данных можно сказать, что северные территории не отличаются от южных, по имеющимся у населения специфическим заболеваниям. Однако в них наблюдается более высокий уровень заболеваемости и тенденция к ежегодному приросту числа случаев зафиксированных заболеваний.

Кроме природных факторов, на здоровье проживающего на исследуемых территориях населения оказывают влияние техногенные факторы. Следствием их воздействия является возникновение неблагоприятной экологической обстановки в данной местности, определяемое интенсивным техногенным загрязнением атмосферного воздуха. В промышленных центрах исследуемых регионов и других крупных городах наблюдаются повышенные показатели по заболеваемости органов дыхания человека, что подтверждает влияние загрязнения атмосферного воздуха (диоксидом серы, оксидами азота, взвешенными веществами и т.д.) на респираторную систему проживающего в них населения.

Большими возможностями обладает метод оценки риска здоровью населения при ингаляционном поступлении в организм приоритетных для изучаемой территории загрязняющих веществ. Он позволяет определить вероятность развития угрозы жизни или здоровью населения под воздействием химических факторов среды обитания, исключая другие этиологические факторы.

Воздействие техногенных факторов на показатели здоровья населения обусловлено степенью техногенной нагрузки с учетом условий рассеивания (ПЗА). Сравнивая северные и южные территории, выявлено, что наибольшие уровни неканцерогенных рисков наблюдаются в южных и центральных частях Красноярского края. Южные территории Белгородской области и Воронежской области отличаются значениями показателей рисков в 2-3 раза, это связано с более развитой промышленностью на территории Воронежской области, а также с более благоприятными условиями рассеивания на территории Белгородской области.



Канцерогенные риски вызваны загрязнением атмосферного воздуха бен(а)пиреном и формальдегидом. В южной части Красноярского края полученные значения канцерогенного риска превышают значения аналогичного показателя на северных территориях. Это связано с тем, что на северных территориях при существенной техногенной нагрузке наблюдаются более благоприятные условия для рассеивания. Сравнительно небольшие уровни индивидуального канцерогенного риска в г. Мончегорске и отсутствие превышений нормативов в других городах Мурманской области также объясняются благоприятными для рассеивания примесей климатическими условиями. Воронеж занимает одну из лидирующих позиций по показателям канцерогенного риска за счет развитой в городе и городском округе промышленной деятельности (предприятия теплоэнергетики, ТЭЦ, химической и нефтехимической отраслей промышленности, строительной индустрии, машиностроения).

А при анализе элементного статуса в добавлении к подходу анализа рисков рассматриваются и природные геохимические особенности среды обитания. Например, для северных территорий доказана взаимосвязь появления анемии (снижение гемоглобина) вследствие воздействия низких температур и дефицита железа у населения северных территорий Красноярского края и Мурманской области.

Значительное присутствие алюминия в водах Мурманской области, употребляемых населением, отражается и на концентрации этого элемента в организме в городах области людей, что может приводить к рахиту у детей, нарушениям функционирования почек у взрослых. Повышенная жесткость воды так же влияет на элементный статус потребляющего ее населения. На территориях, где она отмечается (в исследуемых районах это города Мончегорск, Белгород, Воронеж), в биопробах волос их жителей наблюдаются повышенные содержания таких элементов как Cu, Ni, Cd, Fe, Mn. Сильная минерализация вод Белгородской области приводит к повышенному содержанию кальция в организме всех категорий населения области, что так же может негативно сказываться на их здоровье.

Влияние техногенных факторов прослеживается на примере распространения избытка олова у населения Белгородской области и Красноярского края и, как следствия, возникновения болезней органов пищеварения у населения регионов с развитой металлургической промышленностью. Перегрузки организма лиц рабочих профессий железом и марганцем и часто встречающихся дефицитов многих микроэлементов (селен, цинк, медь, хром, магний) оказывает отрицательное влияние на состояние иммунной системы, опорно-двигательного аппарата, кроветворение, функции печени, поджелудочной железы и предстательной железы.

Поводя итог по проведенному исследованию, можно сказать, что на показатели здоровья населения оказывают влияние климатический природный фактор северных территорий, метеорологические условия регионов, а также геохимические показатели питьевой воды.

Влияние техногенных факторов на здоровье населения прослеживается на основе специфики промышленных производств регионов, структуры и концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (с учетом рассеивания). Необходимо отметить, что ни один из факторов не влияет на население в отдельности. На здоровье население оказывает влияние целый комплекс факторов: природные, техногенные, социально-экономические, генетическая предрасположенность и образ жизни.

В связи с этим на основе проведенного анализа собственных и литературных данных можно сделать вывод о том, что при оценке экологического состояния урбанизированных территорий и выявлении причин нарушения здоровья населения необходимо применять комплексный подход, включающий в себя ряд дополнительных критериев. Для реализации комплексного подхода при оценке биогеохимических последствий техногенеза необходимо учитывать также два критерия - показатели риска (канцерогенного и неканцерогенного) для здоровья населения при воздействии загрязняющих веществ и элементный статус населения. На данный момент оценка элементного статуса, а именно содержание токсичных химических веществ в биосубстратах человека, применяется как один из критериев отнесения территорий к зонам чрезвычайной экологической ситуации и зонам экологического бедствия. Но для предупреждения возможных негативных последствий для окружающей среды и здоровья населения, необходимо проводить такие исследования не только в рамках чрезвычайной экологической ситуации, но и для мониторинга и оценки текущего состояния здоровья населения.

Первый критерий – показатели риска – отражает ожидаемый прирост частоты нарушений здоровья при воздействии загрязняющих веществ (исключая влияние образа жизни, социально-экономических условий и генетической предрасположенности). Второй показатель отражает техногенный дисбаланс химических элементов, содержащихся в организме людей, проживающих на урбанизированных территориях. Воздействие на человека повышенных концентраций опасных химических веществ, сопровождается, как правило, накоплением их в организме человека. Причем, это накопление происходит и при уровнях содержания токсичных металлов в природных средах гораздо ниже ПДК. Исследование элементного статуса позволяет выявить химические особенности условий среды обитания, вызванные влиянием на окружающую среду, учитывая не только влияющие в настоящий момент техногенные факторы, но и прошлый экологический ущерб.

На основе собственных и литературных данных рассмотрены санитарно-гигиенический, медико-демографический и биоиндикационный подходы к формированию критериев экологической оценки состояния территории. Показана малая эффективность применения санитарно-гигиенического направления экологического нормирования при оценке настоящих

техногенных изменений в компонентах природной среды, а также при оценке влияния техногенных факторов на здоровье населения. Рассмотрены риск для здоровья и элементный статус населения как показатели влияния химического загрязнения на горожан. Проведена оценка риска для здоровья населения четырех разных по степени техногенной нагрузки и природно-климатическим условиям регионов: Белгородская область, Воронежская область, Красноярский край и Мурманская область. Выполнен сравнительный анализ данных по структуре заболеваемости и по элементному статусу населения.

***Итоговые выводы:***

1. Приоритетными загрязняющими веществами, вносящими наибольший вклад в уровень загрязнения атмосферного воздуха, являются взвешенные вещества, диоксид серы, оксиды азота, оксид углерода, формальдегид и бенз(а)пирен.
2. Природно-климатические условия являются фактором, который может усугублять неблагоприятное влияние окружающей среды на состояние здоровья населения. Доли вкладов сочетанного действия загрязнений атмосферного воздуха и суровых природно-климатических условий в суммарные уровни впервые выявленной заболеваемости детей достигает 37,3%, взрослого населения - 30,6 %, в уровни болезней органов дыхания детей - 46,1 %, взрослого населения - 31,2 %.
3. Техногенным фактором, оказывающим влияние на показатели здоровья населения, является возникновение неблагоприятной экологической обстановки на территориях, вследствие сочетанного действия загрязнения атмосферного воздуха и рассеивания/накопления загрязняющих веществ.
4. Фактическая картина заболеваемости и прогнозируемая по вычисленным рискам отличается и, вероятнее всего, связана с иными факторами, среди которых, согласно ВОЗ, могут быть образ жизни и социально-экономические условия.
5. Наибольшие показатели неканцерогенных рисков наблюдаются в центральной и южной частях Красноярского края, что объясняется повышенными, в сравнении с урбанизированными территориями севера, значениями превышений среднегодовых концентраций нормативов ПДК.
6. Наибольшие значения канцерогенных рисков наблюдаются в городах Ачинск, Мончегорск, Воронеж и Красноярск, вызванные загрязнениями атмосферного воздуха бенз(а)пиреном и формальдегидом.
7. Влияние техногенных факторов на элементный статус населения приводит к избытку в организме лиц рабочих профессий железа, марганца и дефициту многих микроэлементов (селен, цинк, медь, хром, магний), что оказывает отрицательное влияние на состояние иммунной системы, опорно-двигательного аппарата, кроветворных органов, печени, поджелудочной железы и предстательной железы.

### **Список использованных источников**

1. Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года : утв. Президентом Рос.Федерации от 30 апр. 2012 г.;
2. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2017 году» : Министерство экологии и рационального природопользования Красноярского края от 29 июн. 2018 г.;
3. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2016 году» : Министерство экологии и рационального природопользования Красноярского края от 30 июн. 2017 г.;
4. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2015 году» : Министерство экологии и рационального природопользования Красноярского края от 30 июн. 2016 г.;
5. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2014 году» : Министерство экологии и рационального природопользования Красноярского края от 01 июл. 2015 г.;
6. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2013 году» : Министерство экологии и рационального природопользования Красноярского края от 01 июл. 2014 г.;
7. Ежегодник «Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2017 г.» : Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главная геофизическая обсерватория им. А.И.Воейкова», Росгидромет – 2018;
8. Ежегодник «Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2016 г.» : Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главная геофизическая обсерватория им. А.И.Воейкова», Росгидромет – 2017;
9. Ежегодник «Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2015 г.» : Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главная геофизическая обсерватория им. А.И.Воейкова», Росгидромет – 2016;
10. Ежегодник «Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2014 г.» : Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главная геофизическая обсерватория им. А.И.Воейкова», Росгидромет – 2015;
11. Ежегодник «Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2013 г.» : Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главная геофизическая обсерватория им. А.И.Воейкова», Росгидромет – 2014;

12. Краткая характеристика Мурманской области // Издательский дом «Гелион». URL: <https://helion-ltd.ru/short-mur-story/>;
13. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2017 году» : Министерство природных ресурсов и экологии Мурманской области от 28 июня. 2018 г.;
14. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2016 году» : Министерство природных ресурсов и экологии Мурманской области от 28 июня. 2017 г.;
15. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2015 году» : Министерство природных ресурсов и экологии Мурманской области от 30 июня. 2016 г.;
16. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2014 году» : Министерство природных ресурсов и экологии Мурманской области от 30 июня. 2015 г.;
17. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2013 году» : Министерство природных ресурсов и экологии Мурманской области от 27 июня. 2014 г.;
18. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды на территории Воронежской области в 2017 году» : Департамент природных ресурсов и экологии Воронежской области от 27 июня. 2018 г.;
19. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды на территории Воронежской области в 2016 году» : Департамент природных ресурсов и экологии Воронежской области от 27 июня. 2017 г.;
20. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды на территории Воронежской области в 2015 году» : Департамент природных ресурсов и экологии Воронежской области от 30 июня. 2016 г.;
21. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды на территории Воронежской области в 2014 году» : Департамент природных ресурсов и экологии Воронежской области от 30 июня. 2015 г.;
22. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды на территории Воронежской области в 2013 году» : Департамент природных ресурсов и экологии Воронежской области от 30 июня. 2014 г.;
23. Государственный доклад «Об экологической ситуации в Белгородской области в 2017 году» : Департамент агропромышленного комплекса и воспроизводства окружающей среды от 29 июня. 2018 г.;

24. Государственный доклад «Об экологической ситуации в Белгородской области в 2016 году» : Департамент агропромышленного комплекса и воспроизводства окружающей среды от 29 июн. 2017 г.;
25. Государственный доклад «Об экологической ситуации в Белгородской области в 2015 году» : Департамент агропромышленного комплекса и воспроизводства окружающей среды от 29 июн. 2016 г.;
26. Государственный доклад «Об экологической ситуации в Белгородской области в 2014 году» : Департамент агропромышленного комплекса и воспроизводства окружающей среды от 29 июн. 2015 г.;
27. Государственный доклад «Об экологической ситуации в Белгородской области в 2013 году» : Департамент агропромышленного комплекса и воспроизводства окружающей среды от 29 июн. 2014 г.;
28. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году» : Министерство природных ресурсов и экологии Рос.Федерации от 28 дек. 2018 г.;
29. Руководство Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» : утв. Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г.Онищенко от 05 мар. 2004 г.;
30. Мовчан В.Н. Экология человека: Учеб.пособие. — 3-е изд., перераб. и дополн. — СПб. : Изд. С.-Петерб. ун-та, 2014. — 294 с.
31. Показатели качества атмосферного воздуха // Экология - учебные материалы. URL: <https://ecology-education.ru/index.php?action=full&id=13>;
32. Руководство РД52.04.667-2005 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы»: утв. заместителем руководителя Росгидромета от 01 фев. 2006 г.;
33. «О внесении изменения № 11 в ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» : утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации от 17 июн. 2014 г.;
34. Качество атмосферного воздуха и здоровье // Всемирная организация здравоохранения. URL : [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health);
35. Красноярский край // Официальный сайт полномочного представителя Президента России в Сибирском федеральном округе. URL: <http://sfo.gov.ru/okrug/KYA/>;

36. Промышленность региона // Мурманская область. Инвестиционный портал. URL: <http://invest.gov-murman.ru/about/promyshlennost/>;
37. Управление Росприроднадзора по Воронежской области // Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. URL: <http://36.rpn.gov.ru/>;
38. Стратегия национальной безопасности : утв. Президентом Рос. Федерации от 31 дек. 2015 г. №683;
39. Государственный доклад «О состоянии санитарно – эпидемиологического благополучия населения в Красноярском крае в 2017 году» : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Красноярскому краю от 31 мая 2018 г.;
40. Государственный доклад «О состоянии санитарно – эпидемиологического благополучия населения в Красноярском крае в 2016 году» : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Красноярскому краю от 29 мая 2017 г.;
41. Государственный доклад «О состоянии санитарно – эпидемиологического благополучия населения в Красноярском крае в 2015 году» : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Красноярскому краю от 27 мая 2016 г.;
42. Государственный доклад «О состоянии санитарно – эпидемиологического благополучия населения в Красноярском крае в 2014 году» : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Красноярскому краю от 28 мая 2015 г.;
43. Государственный доклад «О состоянии санитарно – эпидемиологического благополучия населения в Красноярском крае в 2013 году» : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Красноярскому краю от 13 мая 2014 г.;
44. Куркатов С.В. Гигиенические и медико-социальные проблемы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения Красноярского края : дисс. д-ра мед. наук: 14.00.07 / С.В. Куркатов. – Кемерово, 2004. – 343 с.;
45. Государственный доклад «О состоянии санитарно – эпидемиологического благополучия населения в Мурманской области в 2017 году» : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Мурманской области от 29 мая 2018 г.;
46. Государственный доклад «О состоянии санитарно – эпидемиологического благополучия населения в Мурманской области в 2016 году» : Управление Федеральной службы по

- надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Мурманской области от 30 мая 2017 г.;
47. Государственный доклад «О состоянии санитарно – эпидемиологического благополучия населения в Мурманской области в 2015 году» : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Мурманской области от 27 мая 2016 г.;
48. Государственный доклад «О состоянии санитарно – эпидемиологического благополучия населения в Мурманской области в 2014 году» : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Мурманской области от 28 мая 2015 г.;
49. Государственный доклад «О состоянии санитарно – эпидемиологического благополучия населения в Мурманской области в 2013 году» : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Мурманской области от 25 мая 2015 г.;
50. Государственный доклад «О состоянии санитарно – эпидемиологического благополучия населения в Белгородской области в 2017 году» : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Белгородской области от 25 апр. 2018 г.;
51. Государственный доклад «О состоянии санитарно – эпидемиологического благополучия населения в Белгородской области в 2016 году» : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Белгородской области от 25 апр. 2017 г.
52. Государственный доклад «О состоянии санитарно – эпидемиологического благополучия населения в Белгородской области в 2015 году» : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Белгородской области от 25 апр. 2016 г.;
53. Государственный доклад «О состоянии санитарно – эпидемиологического благополучия населения в Белгородской области в 2014 году» : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Белгородской области от 25 апр. 2015 г.;
54. Государственный доклад «О состоянии санитарно – эпидемиологического благополучия населения в Белгородской области в 2013 году» : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Белгородской области от 25 апр. 2014 г.;



55. Государственный доклад «О состоянии санитарно – эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области в 2017 году» : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области от 01 июня. 2018 г.;
56. Государственный доклад «О состоянии санитарно – эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области в 2016 году» : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области от 25 мая. 2017 г.;
57. Государственный доклад «О состоянии санитарно – эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области в 2015 году» : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области от 31 мая. 2016 г.;
58. Государственный доклад «О состоянии санитарно – эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области в 2014 году» : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области от 29 мая. 2015 г.;
59. Государственный доклад «О состоянии санитарно – эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области в 2013 году» : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области от 29 апр. 2014 г.;
60. Сусликов В.Л. Геохимическая экология болезней: В 4-х томах. — Т. 2. Атомовиты. — М. : Гелиос АРВ, 2000. — 672 с.;
61. Сальникова Е.В., Детков В.Ю., Скальный А.В. Аккумуляция эссенциальных и условно эссенциальных микроэлементов в волосах жителей России // Микроэлементы в медицине. — 2016. — № 17(2): 24–31. — С. 24-31.;
62. Скальный А.В., Киселев М.Ф. Элементный статус населения Сибирского и Дальневосточного федеральных округов. — Т. 5. — М. : Медкнига, 2014. — 543 с.;
63. Кривошеев Ю.К. Экологические аспекты накопления минеральных элементов в организме детей, проживающих в районах интенсивной промышленной деятельности на Крайнем севере : автореф. канд. мед. наук / Ю. К. Кривошеев. – Архангельск, 2005. – 20 с.;
64. Скальный А.В., Киселев М.Ф. Элементный статус населения Северо-Западного, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов. — Т. 3. — М. : Медкнига, 2012. — 447 с.;
65. Скальный А.В., Киселев М.Ф. Элементный статус населения Центрального федерального округа. — Т. 2. — М. : Медкнига, 2012. — 447 с.;
66. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. — М. : Оникс 21 век, 2004. — 216 с.

## Приложение 1

### Результаты расчетов и прогнозов неканцерогенных рисков по Красноярскому краю за 2016 г.

Оценка неканцерогенного риска с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> для городов Красноярского Края за 2016 г. (составлено автором).

Город	Загрязняющие вещества	Среднегодовая концентрация, мг/м³	RfC, мг/м³	HQ	Критический орган/система
Лесосибирск	Взвешенные вещества	0,218	0,3	0,79	органы дыхания, смертность
Норильск	Диоксид серы	0,123	0,05	2,46	органы дыхания, смертность
Норильск	Диоксид азота	0,041	0,04	1,03	органы дыхания,
Ачинск		0,064		1,60	кровь (образование MetHb)
Норильск	Оксид азота	0,079	0,06	1,32	органы дыхания,
Ачинск		0,071		1,19	кровь (образование MetHb)
Минусинск	Бензапирен	9,00×10 <sup>-6</sup>	1,00×10 <sup>-6</sup>	9,00	рак, иммун., развитие
Лесосибирск	Формальдегид	0,011	0,01	1,10	органы дыхания,
Ачинск		0,020		2,00	глаза, иммун.
Красноярск		0,012		1,20	(сенсиб.)
Суммарный риск		HI общий		21,7	
		HI органы дыхания		12,7	
		HI кровь		5,1	
		HI развитие		9,0	
		HI иммунная система		13,3	
		HI глаза		4,3	
		HI смертность		0,8	

Результаты расчетов индекса опасности для органов дыхания при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> для городов Красноярского Края за 2016 г. (составлено автором).

Загрязняющие вещества	Критический орган/система	HQ
Диоксид азота	органы дыхания	2,63
Диоксид серы	органы дыхания	2,46
Взвешенные вещества	органы дыхания	0,79
Оксид азота	органы дыхания	2,51
Формальдегид	органы дыхания	4,30
ТНІ		12,7

Результаты расчетов индекса опасности для кровеносной системы при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> для городов Красноярского Края за 2016 г. (составлено автором).

Загрязняющие вещества	Критический орган/система	HQ
Диоксид азота	кровь (образование MetHb)	2,63
Оксид азота	кровь (образование MetHb)	2,51
ТНП		<b>5,1</b>

Результаты расчетов риска возникновения пороков развития при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> для городов Красноярского Края за 2016 г. (составлено автором).

Загрязняющие вещества	Критический орган/система	HQ
Бензапирен	пороки развития	9,0
ТНП		<b>9,0</b>

Результаты расчетов индекса опасности для иммунной системы при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> для городов Красноярского Края за 2016 г. (составлено автором).

Загрязняющие вещества	Критический орган/система	HQ
Бензапирен	иммунная система	9,0
Формальдегид	иммунная система	4,3
ТНП		<b>13,3</b>

Результаты расчетов индекса смертности при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> для городов Красноярского Края за 2016 г. (составлено автором).

Загрязняющие вещества	Критический орган/система	HQ
Диоксид серы	смертность	2,46
Взвешенные вещества	смертность	0,79
ТНП		<b>3,20</b>

## Приложение 2

### Результаты расчетов и прогнозов неканцерогенных рисков по Красноярскому краю за 2015 г.

Оценка неканцерогенного риска с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> для городов Красноярского Края за 2015 г. (составлено автором).

Город	Загрязняющие вещества	Среднегодовая концентрация, мг/м³	RfC, мг/м³	HQ	Критический орган/система
Лесосибирск	Взвешенные вещества	0,236	0,3	0,73	органы дыхания, смертность
Ачинск	Диоксид азота	0,070	0,04	1,75	органы дыхания,
Канск		0,041		1,03	кровь (образование MetHb)
Ачинкс	Оксид азота	0,082	0,06	1,37	органы дыхания, кровь (образование MetHb)
Минусинск	Бензапирен	8,60×10 <sup>-6</sup>	1,00×10 <sup>-6</sup>	8,60	рак, иммун.,
Красноярск		3,70×10 <sup>-6</sup>		3,70	развитие
Лесосибирск	Формальдегид	0,011	0,01	1,10	органы дыхания,
Ачинск		0,020		2,00	глаза, иммун.
Красноярск		0,012		1,20	(сенсиб.)
Суммарный риск		HI общий		21,5	
		HI органы дыхания		8,1	
		HI кровь		4,2	
		HI развитие		12,3	
		HI иммунная система		16,6	
		HI глаза		4,3	
		HI смертность		0,7	

Результаты расчетов индекса опасности для органов дыхания при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> для городов Красноярского Края за 2015 г. (составлено автором).

Загрязняющие вещества	Критический орган/система	HQ
Диоксид азота	органы дыхания	2,78
Взвешенные вещества	органы дыхания	0,73
Оксид азота	органы дыхания	1,37
Формальдегид	органы дыхания	4,30
ТНІ		8,1

Результаты расчетов индекса опасности для кровеносной системы при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> для городов Красноярского Края за 2015 г. (составлено автором).

Загрязняющие вещества	Критический орган/система	HQ
Диоксид азота	кровь (образование MetHb)	2,78
Оксид азота	кровь (образование MetHb)	1,37
ТНП		<b>4,2</b>

Результаты расчетов риска возникновения пороков развития при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> для городов Красноярского Края за 2015 г. (составлено автором).

Загрязняющие вещества	Критический орган/система	HQ
Бензапирен	пороки развития	12,3
ТНП		<b>12,3</b>

Результаты расчетов индекса опасности для иммунной системы при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> для городов Красноярского Края за 2015 г. (составлено автором).

Загрязняющие вещества	Критический орган/система	HQ
Бензапирен	иммунная система	12,3
Формальдегид	иммунная система	4,3
ТНП		<b>16,6</b>

Результаты расчетов индекса смертности при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> для городов Красноярского Края за 2015 г. (составлено автором).

Загрязняющие вещества	Критический орган/система	HQ
Взвешенные вещества	смертность	0,79
ТНП		<b>0,79</b>

### Приложение 3

#### Результаты расчетов и прогнозов неканцерогенных рисков по Красноярскому краю за 2014 г.

Оценка неканцерогенного риска с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в  $\text{мг/м}^3$  для городов Красноярского Края за 2014 г. (составлено автором).

Город	Загрязняющие вещества	Среднегодовая концентрация, мг/м³	RfC, мг/м³	HQ	Критический орган/система
Лесосибирск	Взвешенные вещества	0,215	0,3	0,72	органы дыхания, смертность
Ачинск	Диоксид азота	0,044	0,04	1,10	органы дыхания, кровь (образование MetHb)
Ачинкс	Оксид азота	0,082	0,06	1,37	органы дыхания, кровь (образование MetHb)
Лесосибирск	Бензапирен	6,50×10 <sup>-6</sup>	1,00×10 <sup>-6</sup>	6,50	рак, иммун., развитие
Ачинск		2,50×10 <sup>-6</sup>		2,50	
Минусинск		8,40×10 <sup>-6</sup>		8,40	
Красноярск		5,90×10 <sup>-6</sup>		5,90	
Назарово		3,10×10 <sup>-6</sup>		3,10	
Канск		1,60×10 <sup>-6</sup>		1,60	
Лесосибирск	Формальдегид	0,011	0,01	1,10	органы дыхания, глаза, иммун. (сенсиб.)
Ачинск		0,016		1,57	
Красноярск		0,013		1,26	
Суммарный риск		HI общий		24,7	
		HI органы дыхания		5,7	
		HI кровь		1,1	
		HI развитие		28,0	
		HI иммунная система		31,9	
		HI глаза		3,9	
		HI смертность		0,7	

Результаты расчетов индекса опасности для органов дыхания при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в  $\text{мг/м}^3$  для городов Красноярского Края за 2014 г. (составлено автором).

Загрязняющие вещества	Критический орган/система	HQ
Диоксид азота	органы дыхания	1,10
Взвешенные вещества	органы дыхания	0,72
Формальдегид	органы дыхания	3,93
ТН		5,7

Результаты расчетов индекса опасности для кровеносной системы при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> для городов Красноярского Края за 2014 г. (составлено автором).

Загрязняющие вещества	Критический орган/система	HQ
Диоксид азота	кровь (образование MetHb)	1,1
ТНП		<b>1,1</b>

Результаты расчетов риска возникновения пороков развития при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> для городов Красноярского Края за 2014 г. (составлено автором).

Загрязняющие вещества	Критический орган/система	HQ
Бензапирен	пороки развития	28,0
ТНП		<b>28,0</b>

Результаты расчетов индекса опасности для иммунной системы при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> для городов Красноярского Края за 2014 г. (составлено автором).

Загрязняющие вещества	Критический орган/система	HQ
Бензапирен	иммунная система	28,00
Формальдегид	иммунная система	3,93
ТНП		<b>31,90</b>

Результаты расчетов индекса смертности при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> для городов Красноярского Края за 2014 г. (составлено автором).

Загрязняющие вещества	Критический орган/система	HQ
Взвешенные вещества	смертность	0,72
ТНП		<b>0,72</b>

## Приложение 4

### Результаты расчетов и прогнозов неканцерогенных рисков по Красноярскому краю за 2013 г.

Оценка неканцерогенного риска с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в  $\text{мг/м}^3$  для городов Красноярского Края за 2013 г. (составлено автором).

Город	Загрязняющие вещества	Среднегодовая концентрация, мг/м³	RfC, мг/м³	HQ	Критический орган/система
Лесосибирск	Взвешенные вещества	0,203	0,3	0,68	органы дыхания, смертность
Красноярск		0,156		0,52	
Назарово		0,161		0,54	
Ачинск	Диоксид азота	0,043	0,04	1,08	органы дыхания, кровь (образование MetHb)
Лесосибирск	Бензапирен	2,70×10 <sup>-6</sup>	1,00×10 <sup>-6</sup>	2,70	рак, иммун., развитие
Ачинск		2,10×10 <sup>-6</sup>		2,10	
Минусинск		4,50×10 <sup>-6</sup>		4,50	
Красноярск		3,50×10 <sup>-6</sup>		3,50	
Назарово		3,20×10 <sup>-6</sup>		3,20	
Лесосибирск	Формальдегид	0,0034	0,003	1,14	органы дыхания, глаза, иммун. (сенсиб.)
Ачинск		0,0039		1,29	
Красноярск		0,0045		1,49	
Суммарный риск		HI общий		20,6	
		HI органы дыхания		6,7	
		HI кровь		1,1	
		HI развитие		16,0	
		HI иммунная система		19,9	
		HI глаза		3,9	
		HI смертность		1,7	

Результаты расчетов индекса опасности для органов дыхания при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в  $\text{мг/м}^3$  для городов Красноярского Края за 2013 г. (составлено автором).

Загрязняющие вещества	Критический орган/система	HQ
Диоксид азота	органы дыхания	1,08
Взвешенные вещества	органы дыхания	1,73
Формальдегид	органы дыхания	3,92
ТНП		6,70



Результаты расчетов индекса опасности для кровеносной системы при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> для городов Красноярского Края за 2013 г. (составлено автором).

Загрязняющие вещества	Критический орган/система	HQ
Диоксид азота	кровь (образование MetHb)	1,08
ТНП		<b>1,08</b>

Результаты расчетов риска возникновения пороков развития при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> для городов Красноярского Края за 2013 г. (составлено автором).

Загрязняющие вещества	Критический орган/система	HQ
Бензапирен	пороки развития	16,0
ТНП		<b>16,0</b>

Результаты расчетов индекса опасности для иммунной системы при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> для городов Красноярского Края за 2013 г. (составлено автором).

Загрязняющие вещества	Критический орган/система	HQ
Бензапирен	иммунная система	16,00
Формальдегид	иммунная система	3,92
ТНП		<b>19,90</b>

Результаты расчетов индекса смертности при комбинированном поступлении с учетом среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в мг/м<sup>3</sup> для городов Красноярского Края за 2013 г. (составлено автором).

Загрязняющие вещества	Критический орган/система	HQ
Взвешенные вещества	смертность	1,73
ТНП		<b>1,73</b>